

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΘΑΡΜΕΝΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ



ΜΟΥΜΟΥΡΗ ΑΝΤΙΓΟΝΗ-ΑΓΓΕΛΙΚΗ
ΠΑΠΑΣΤΑΘΗ ΔΗΜΗΤΡΑ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΡΕΖΟΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ

ΠΑΤΡΑ, ΜΑΙΟΣ 2011

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με τίτλο «**Αποκατάσταση φθαρμένων οδοστρωμάτων με τη μέθοδο της ανακύκλωσης**» εκπονήθηκε από τις σπουδάστριες του τμήματος Πολιτικών Έργων Υποδομής του Τ.Ε.Ι. Πάτρας, Μουμούρη Αντιγόνη-Αγγελική και Παπαστάθη Δήμητρα.

Επιθυμούμε να εκφράσουμε τις θερμότερες ευχαριστίες μας στο επιβλέποντα της πτυχιακής μας εργασία εργαστηριακό συνεργάτη του Τ.Ε.Ι κ. Σπύρο Ρέζο για την σημαντική βοήθεια και καθοδήγηση που μου παρείχε για την ολοκλήρωσή της και για την επικοινωνιακή συνεργασία που είχαμε.

Τέλος, θέλουμε να πούμε ένα μεγάλο ευχαριστώ στις οικογένειές μας για την ηθική και υλική υποστήριξη και βοήθεια που μας προσέφεραν όλα αυτά τα χρόνια.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ανακύκλωση οδοστρωμάτων, θέμα με το οποίο ασχολείται η παρούσα πτυχιακή εργασία, αφορά την επαναχρησιμοποίηση ή την ανακύκλωση των υλικών των παλαιών οδοστρωμάτων όπως ασφαλτόμιγμα, σκυρόδεμα ή αδρανή υλικά στρώσεων άνευ συνδετικού υλικού, για την κατασκευή ή ανακατασκευή τους.

Η ανακύκλωση κατηγοριοποιείται σε τέσσερις μεθόδους ανάλογα με την τεχνική που χρησιμοποιείται, το είδος των υλικών που ανακυκλώνονται και το τελικό αποτέλεσμα που προκύπτει. Οι τέσσερις κατηγορίες αυτές είναι η επιφανειακή ανακύκλωση, η ανακύκλωση εν θερμώ, η ανακύκλωση εν ψυχρώ και η ανακύκλωση δύσκαμπτων οδοστρωμάτων.

Στην επιφανειακή ανακύκλωση γίνεται απόξεση και απομάκρυνση του ασφαλτομίγματος σε βάθος μικρότερο των 20-25mm. Το υλικό που εξάγεται συγκεντρώνεται και επαναχρησιμοποιείται για σταθεροποιημένες ή μη σταθεροποιημένες βάσεις, για την κατασκευή ρείθρων ή ακόμη και επιφανειακών στρώσεων. Στην ανακύκλωση εν θερμώ γίνεται απόξεση του οδοστρώματος σε βάθος μεγαλύτερο των 20-25mm και εν συνεχεία της ανάμιξης αυτού εν θερμώ επί της οδού, μετά ή άνευ προσθήκης νέων υλικών, ή σε μόνιμη εγκατάσταση με την προσθήκη νέων υλικών. Σαν ανακύκλωση εν ψυχρώ ορίζεται η διαδικασία διάσπασης και κατακερματισμού του παλαιού οδοστρώματος σε βάθος μεγαλύτερο των 20-25mm και εν συνεχεία ανάμιξης εν ψυχρώ επί της οδού, με την προσθήκη ασφαλτικού γαλακτώματος, ή σε μόνιμη εγκατάσταση, με την προσθήκη νέων υλικών. Σαν ανακύκλωση δύσκαμπτων οδοστρωμάτων ορίζεται η διαδικασία θραύσης και κατακερματισμού της πλάκας του δύσκαμπτου οδοστρώματος και η χρησιμοποίηση του κατακερματισμένου σκυροδέματος ως χονδρόκοκκου αδρανούς για την παραγωγή νέου σκυροδέματος ή σταθεροποιημένης ή μη σταθεροποιημένης βάσης.

Τα οφέλη που προκύπτουν από την εφαρμογή των μεθόδων ανακύκλωσης είναι η προστασία και εξοικονόμηση αποθεμάτων σε αδρανή και άσφαλο, η μείωση του κόστους κατασκευής και η προστασία του περιβάλλοντος.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ:

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	i
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	ii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	iii

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Εύκαμπτα Οδοστρώματα	1
1.1.1 Υπόβαση.....	3
1.1.2 Βάση	4
1.1.3 Ασφαλτική βάση (ασφαλτική στρώση βάσης).....	5
1.1.4 Συνδετική στρώση (ασφαλτική στρώση κυκλοφορίας).....	6
1.1.5 Τάπητας κυκλοφορίας (αντιολισθηρή στρώση)	6
1.1.6 Διαστασιολόγηση εύκαμπτων οδοστρωμάτων	7
1.2 Ημιεύκαμπτα οδοστρώματα	8
1.3 Δύσκαμπτα οδοστρώματα.....	9
1.3.1 Υπέδαφος.....	11
1.3.2 Υπόβαση.....	12
1.3.3 Πλάκα σκυροδέματος.....	13
1.3.4 Κατασκευή δύσκαμπτων οδοστρωμάτων.....	14
1.4 Συγκρίσεις εύκαμπτων – δυσκάμπτων οδοστρωμάτων.....	15

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΥΛΙΚΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

2.1 Έδαφος.....	17
2.1.1 Γενικές ομάδες εδαφών	18
2.2 Αδρανή Υλικά	20
2.2.1 Αδρανή υλικά φυσικών αποθέσεων	21
2.2.2 Θραυστά αδρανή πετρωμάτων	22
2.2.3 Διαχωρισμός αδρανών	23
2.2.4 Έλεγχοι αδρανών	25
2.3 Άσφαλτος Και Ασφαλτικά Υλικά.....	25
2.3.1 Φυσικές άσφαλτοι.....	26
2.3.1.1 Άσφαλτος νήσου Τριάδος.....	26
2.3.1.2 Άσφαλτος Βενεζουέλας και Γιούτα	27
2.3.1.3 Άλλες φυσικές άσφαλτοι	27
2.3.2 Πίσσα	27
2.3.3 Πετρελαϊκή άσφαλτος.....	28
2.3.4 Τύποι ασφάλτων και ταξινόμηση αυτών.....	30

2.3.4.1 Χημική σύσταση και δομή της ασφάλτου.....	34
2.4 Ασφαλτικά διαλύματα	34
2.5 Ασφαλτικά γαλακτώματα	36
2.5.1 Ταξινόμηση και τύποι γαλακτωμάτων	37
2.5.2 Χρήσεις των γαλακτωμάτων.....	38
2.5.3 Ιδιότητες ασφαλτικού γαλακτώματος.....	38
2.6 Αντιυδροφιλα υλικά.....	42
2.6.1 Τύποι αντιυδροφιλων υλικών	42
2.6.2 Εφαρμογές και τρόποι χρήσης.....	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΦΘΟΡΕΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ	
3.1 Φθορές εύκαμπτων οδοστρωμάτων.....	47
3.1.1 Ρηγματώσεις	47
3.1.2 Παραμορφώσεις (στρεβλώσεις) της επιφάνειας.....	52
3.1.3 Αποσύνθεση	55
3.1.4 Λεία επιφάνεια οδοστρώματος.....	56
3.2 Φθορές δυσκάμπτων οδοστρωμάτων	57
3.2.1 Ρηγματώσεις - Αρμοί.....	58
3.2.2 Επιφανειακές παραμορφώσεις δυσκάμπτων οδοστρωμάτων.....	60
3.2.3 Αποσύνθεση δυσκάμπτων οδοστρωμάτων	60
3.2.4 Ολισθηρότητα επιφάνειας	62
3.3 Αξιολόγηση οδοστρωμάτων και μέτρηση επιφανειακών χαρακτηριστικών.....	63
3.3.1 Φορητή συσκευή μέτρησης αντίστασης σε ολίσθηση	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ	
4.1 Κατηγορίες ανακύκλωσης.....	66
4.2 Επιφανειακή ανακύκλωση	68
4.2.1 Φρέζα.....	69
4.2.2 Λεπιδοφόρο μηχάνημα.....	72
4.2.3 Αναμοχλευτής επιφάνειας	72
4.3 Ανακύκλωση εν θερμώ	72
4.4 Επαναδιάστρωση (Repave).....	74
4.4.1 Προαπαιτήσεις για την εφαρμογή της επαναδιάστρωσης	75
4.4.2 Επανάμιξη (Remix)	75
4.4.3 Αναμόρφωση (Reshape).....	76
4.4.4 Ανακύκλωση εν θερμώ σε μόνιμη εγκατάσταση.....	77
4.4.6 Παραγωγή σε συγκρότημα παραγωγής ανά παρτίδες	79
4.4.7 Παραγωγή σε συγκρότημα παραγωγής συνεχούς ροής	81

4.4.7.1 Συγκρότημα παραγωγής απευθείας θέρμανσης.....	81
4.4.7.2 Συγκρότημα παραγωγής με έμμεση θέρμανση	82
4.5 Ανακύκλωση εν ψυχρώ	83
4.5.1 Κατακερματισμός, ανάμιξη και διάστρωση	85
4.5.2 Αερισμός και συμπύκνωση	87
4.5.3 Ωρίμανση και διάστρωση τάπητα ή ασφαλικής επάλειψης	87
4.6 Ανακύκλωση εν ψυχρώ σε μόνιμη εγκατάσταση	87
4.7 Καταλληλότητα ασφαλτομιγμάτων προς ανακύκλωση	88
4.8 Σύνθεση ανακυκλωμένου εν θερμώ μίγματος.....	90
4.8.1 Η Μέθοδος του Asphalt Institute	91
4.8.2 Βρετανική μέθοδος σύνθεσης	95
4.9 Σύνθεση ανακυκλωμένου ασφαλτομίγματος εν ψυχρώ	95
4.10 Διαστασιολόγηση οδοστρωμάτων με ανακυκλωμένα υλικά.....	97
4.11 Ανακύκλωση δύσκαμπτων οδοστρωμάτων	100
4.11.1 Ιδιότητες αδρανών από ανακυκλωμένο δύσκαμπτο οδόστρωμα	100

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπεράσματα	102
--------------------	-----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	106
---------------------------	-----

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	107
------------------------	-----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οδόςτρωμα ορίζεται το σύνολο των επαλλήλων στρώσεων που είναι τοποθετημένες πάνω από το φυσικό έδαφος. Είναι μια σύνθετη κατασκευή και επιτελεί διάφορες λειτουργίες ανάμοιες μεταξύ τους. Το γεγονός αυτό κάνει την κατασκευή αρκετά πολύπλοκη.

Ο αντικειμενικός σκοπός του οδοστρώματος είναι:

- να παραλάβει τα φορτία της κυκλοφορίας και να τα καταναίμει στο υπέδαφος. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή του είναι πιο δύσκαμπτα από τα υλικά πάνω στα οποία εδράζεται το οδοστρώμα, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται η ενίσχυση του φυσικού εδάφους. Βασική επιδίωξη είναι οι μεταβιβαζόμενες στο υπέδαφος τάσεις να μειώνονται σε τέτοιο βαθμό έτσι ώστε να μην επιφέρουν ουσιαστικές παραμορφώσεις ή μετατοπίσεις στην εδαφική στρώση του υπεδάφους. Επιπλέον επιτυγχάνεται η αύξηση της αντοχής του εδάφους στις εναλλαγές των κλιματολογικών συνθηκών.

- Η αποστράγγιση, τα υλικά που χρησιμοποιούνται και ο γεωμετρικός σχεδιασμός ενός οδοστρώματος μπορούν να έχουν μια γρήγορη επιρροή στην απόκτηση επαρκούς και ικανοποιητικής στράγγισης. Η δομή του οδοστρώματος θα πρέπει να είναι σχεδόν αδιαπέραστη από νερό έτσι ώστε να προστατεύεται το έδαφος έδρασης αλλά και οι στρώσεις από ασύνδετα αδρανή (μη σταθεροποιημένες στρώσεις) ώστε να μειωθούν τα προβλήματα που οφείλονται στην υγρασία όπως η λάσπη και οι λιμνάζοντα νερά .

- Η παροχή επιφάνειας για την ομαλή κίνηση των οχημάτων. Τα υλικά κατασκευής των οδοστρωμάτων μπορούν να τοποθετηθούν και να διατηρήσουν την επιφάνεια τους πιο λεία από την αυτήν του υπεδάφους. Έτσι διασφαλίζεται μια αντιολισθηρή και ανθεκτική, στη λειαντική δράση των ελαστικών, ομαλή επιφάνεια κύλισης και κατ' επέκταση βελτιώνεται η άνεση της οδήγησης και μειώνεται το κόστος κυκλοφορίας των οχημάτων.

Ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής ,τα χρησιμοποιούμενα υλικά και τη μεθοδολογία σχεδιασμού τα οδοστρώματα μπορούν να διαχωριστούν στις εξής τρεις κατηγορίες:

- εύκαμπτα
- ημιεύκαμπτα (Κ. Θ. Α.)
- δύσκαμπτα

1.1 Εύκαμπτα Οδοστρώματα

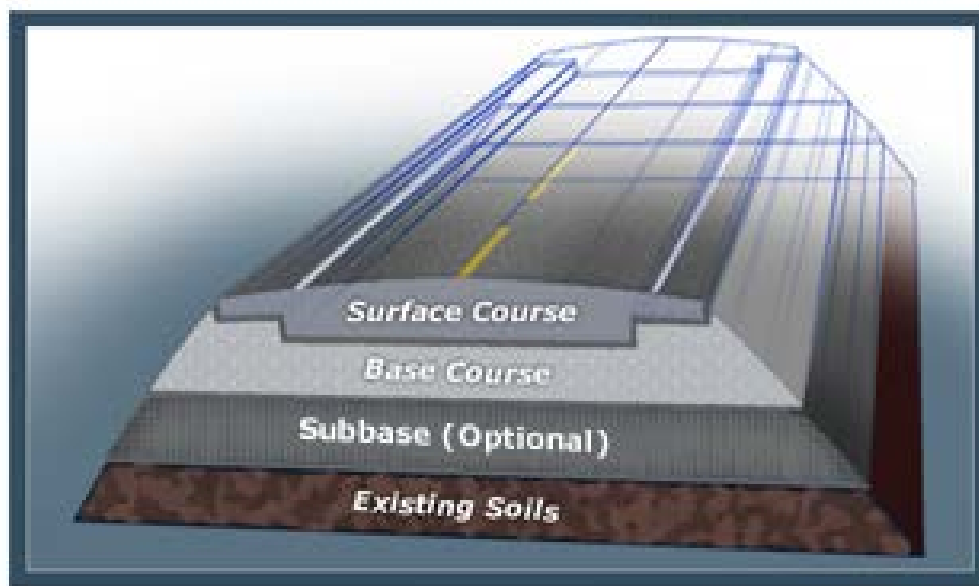
Η δομή του ευκάμπτου οδοστρώματος, γενικότερα, αποτελείται από δύο χαρακτηριστικές ομάδες στρώσεων με διαφορετικές μηχανικές ιδιότητες και συμπεριφορά. Την ομάδα των στρώσεων από ασύνδετα ή/και σταθεροποιημένα

αδρανή, που εδράζεται πάνω στο υπέδαφος, και την ομάδα των στρώσεων από ασφαλτομίγματα, που εδράζεται πάνω στην προηγούμενη ομάδα. Κατασκευάζονται για τους εξής λόγους:

1. Δια μέσου των στρώσεων διευκολύνεται η καλύτερη κατανομή των φορτίων
2. Επιτυγχάνεται η αύξηση της φέρουσας ικανότητας
3. Συμβάλλουν στην αποστράγγιση
4. Παρέχουν προστασία από τον παγετό
5. Λόγω τριχοειδών φαινομένων αποτρέπεται η άνοδος του νερού

Ο παραπάνω διαχωρισμός της δομής του ευκάμπτου οδοστρώματος βασίζεται στη διαφορετική μηχανική συμπεριφορά των στρώσεων, ομαδοποιημένων, και χρησιμοποιείται σήμερα ως βάση για την ανάπτυξη όλων των μεθοδολογιών διαστασιολόγησης των ευκάμπτων οδοστρωμάτων. Καλούνται εύκαμπτα γιατί η συνολική κατασκευή έχει την ικανότητα να κάμπτεται και να έχει ελαστικότητα έτσι ώστε να μεταφέρει τα κυκλοφοριακά φορτία ομαλά κατανεμημένα και με ασφάλεια στο υπέδαφος. Τα οδοστρώματα αυτά υπόκεινται σε τάσεις κάμψης τόσο πιο μεγάλες όσο πιο έντονα είναι τα φορτία και οι κατώτερες στρώσεις είναι λιγότερο άκαμπτες. Η ζωή του οδοστρώματος εξαντλείται όταν οι μόνιμες παραμορφώσεις του γίνονται υπερβολικές ή όταν δημιουργούνται ρήγματα. Τότε αυτά καταστρέφονται ουσιαστικά από παραμόρφωση χωρίς ρηγμάτωση του ασφαλτικού υλικού ή από ρηγματώσεις, όταν αυτές είναι τόσες ώστε οι στρώσεις να μην μπορούν να παίξουν το ρόλο του κατανεμητή των φορτίων, ή όταν και τα δυο αυτά φαινόμενα συνδυάζονται.

Κατασκευαστικά το εύκαμπτο οδοστρώμα διακρίνεται σε τρεις ομάδες στρώσεων: την επιφανειακή στρώση (ή στρώσεις), τη βάση και την υπόβαση. Ορισμένες φορές, λόγω ύπαρξης πολύ ασθενούς υπεδάφους, κατασκευάζεται και εξυγιαντική στρώση μεταξύ υποβάσεως και υπεδάφους.

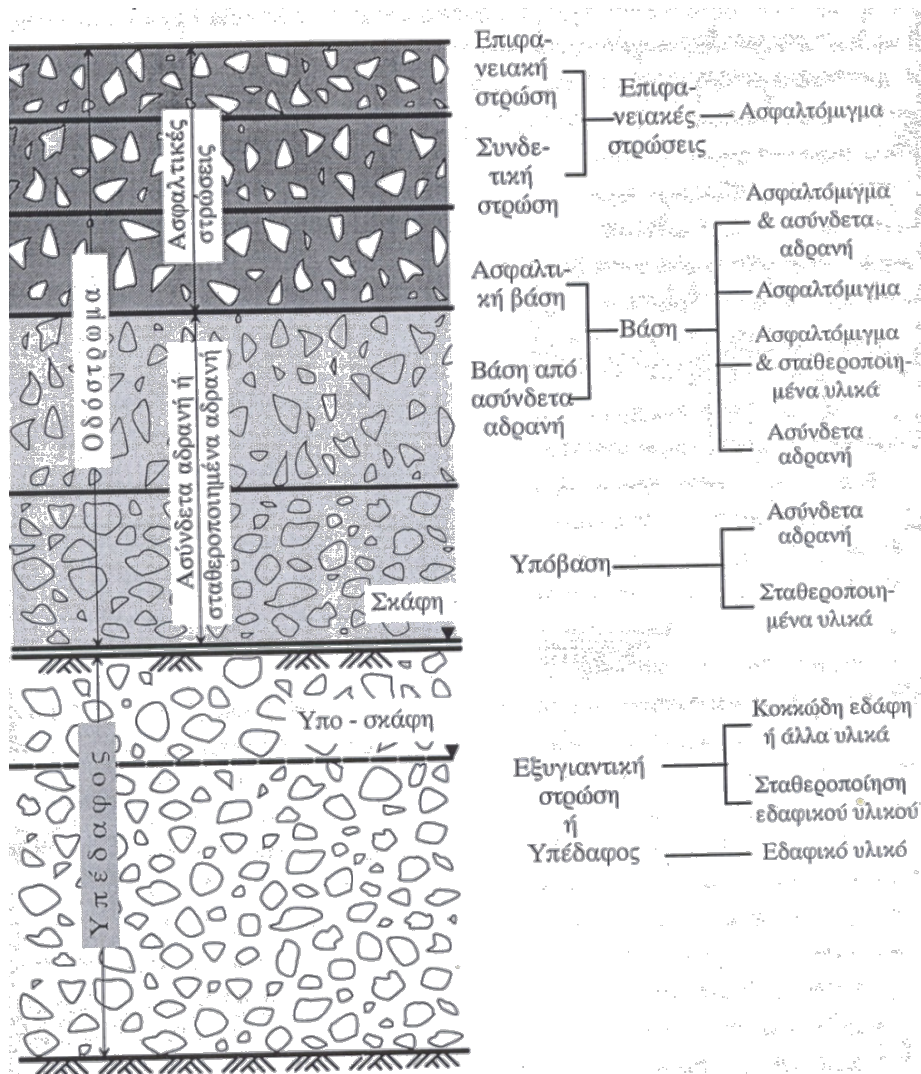


Εικόνα 1.Χαρακτηριστική διατομή εύκαμπτου οδοστρώματος [2]

1.1.1 Υπόβαση

Η υπόβαση είναι η πρώτη στρώση που τοποθετείται, εάν κριθεί αναγκαία, πάνω στο υπέδαφος (ή την εξυγιαντική στρώση) και επιτελεί τις εξής βασικές λειτουργίες:

1. μεταβιβάζει τα φορτία στο υπέδαφος
2. εξασφαλίζει την άνετη κυκλοφορία των εργοταξιακών οχημάτων
3. προστατεύει τα υλικά της βάσης από "μόλυνση" αυτών με εδαφικό υλικό (άργιλος, ιλύς, οργανικά υλικά κλπ)
4. δρα ως αντιπαγετική προστατευτική στρώση στην περίπτωση που το έδαφος είναι παγοπληκτικό
5. μπορεί να λειτουργήσει και ως στρώση αποστράγγισης των υδάτων που πιθανόν να διαπεράσουν τις υπερκείμενες στρώσεις προστατεύοντας το υπέδαφος. Αυτό είναι πολύ πιθανόν να συμβεί στις περιπτώσεις που οι υπερκείμενες ασφαλτικές στρώσεις είναι μικρού πάχους ή / και τα χρησιμοποιηθέντα ασφαλτομίγματα όχι τόσο κλειστής υφής.



Εικόνα 2. Αναλυτική δομή διατομής ευκάμππτου οδοστρώματος

Στην περίπτωση κατά την οποία η υπόβαση λειτουργεί ως στραγγιστική στρώση είναι απαραίτητη η χρήση υδρομονωτικής μεμβράνης στη διεπιφάνεια με το υπέδαφος. Ο ρόλος της μεμβράνης είναι καθαρά προστατευτικός και στεγανωτικός. Δηλαδή, με την τοποθέτηση αυτής προστατεύεται η αποτελεσματική λειτουργία της αποστραγγιστικής υπόβασης, λόγω αποκλεισμού της μεταφοράς λεπτόκοκκων υλικών από το έδαφος στην υπόβαση, και αποφεύγεται η μείωση της φέρουσας ικανότητας του υπεδάφους και πιθανότατα η διόγκωση από την αύξηση της υγρασίας λόγω των επιφανειακών υδάτων που θα διαπεράσουν τις υπερκείμενες στρώσεις. Στις περιπτώσεις που η υπόβαση καλείται να παίξει το ρόλο αποστραγγιστικής στρώσης συνιστάται όπως ελέγχεται η ταχύτητα αποστράγγισης της στρώσης αυτής.

Το πάχος της υπόβασης θα πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να μην αναπτύσσονται υψηλές θλιπτικές και διατμητικές τάσεις στο υπέδαφος, υπό την επίδραση των φορτίων των εργοταξιακών οχημάτων, ικανές να προκαλέσουν αισθητές παραμορφώσεις. Το ακριβές πάχος καθορίζεται αναλόγως της μεθοδολογίας διαστασιολόγησης.

Είναι σύνηθες, όταν το υπέδαφος είναι αρκετά καλό, η υπόβαση να παραλείπεται και να κατασκευάζεται μόνο η βάση από ασύνδετα αδρανή. Στην περίπτωση που η υπόβαση χρησιμοποιείται ως αντιπαγετική στρώση το πάχος αυτής καθορίζεται από το εκτιμώμενο ή υπολογισμένο βάθος διείδυσης του παγετού.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή της υπόβασης είναι συνήθως επιλεγμένα σταθεροποιημένου τύπου κοκκώδη εδαφικά υλικά (αμμοχάλικα θραυστά από ποτάμια, χείμαρρους ή θραυστό υλικό από κατάλληλους λίθους κάθε φύσης). Ορισμένες φορές χρησιμοποιούνται εδαφικά υλικά σταθεροποιημένα με συνδετικό υλικό το τσιμέντο (κυρίως) ή τον ασβέστη. Το θραυστό υλικό πρέπει να είναι καθαρό, ομοιόμορφο, συμπαγές, και απαλλαγμένο από φυτικές και αργιλικές προσμίξεις. Το συμπυκνωμένο πάχος κάθε στρώσης δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 12 εκατοστά. Όταν χρειάζονται περισσότερες από μια στρώσεις, πριν κατασκευάσουμε την επόμενη μορφώνουμε και συμπυκνώνουμε την προηγούμενη προσεκτικά.

1.1.2 Βάση

Η βάση στο σύνολό της είναι η βασικότερη δομική στρώση ενός ευκάμπτου οδοστρώματος και κατασκευάζεται μεταξύ της υπόβασης ή του υπεδάφους και των επιφανειακών ασφαλικών στρώσεων.

Αναλυτικότερα επιτελεί τις εξής βασικές λειτουργίες:

- παρέχει τη βασική δομική στρώση η οποία παραλαμβάνει και κατανέμει τα φορτία της κυκλοφορίας στις υποκείμενες στρώσεις
- μειώνει τις κάθετες θλιπτικές τάσεις που εξασκούνται στο υπέδαφος (και διαμέσου της υπόβασης, εάν υπάρχει) σε τέτοιο βαθμό ώστε να μπορούν να παραληφθούν από τη φέρουσα ικανότητα του υπεδάφους και να μην προκαλούν ανεπίτρεπτα μεγάλες παραμορφώσεις
- παρέχει στο οδόστρωμα τη δυσκαμψία και την αντοχή αυτού στην κόπωση

- παρέχει μια καλή επιφάνεια έτοιμη να δεχθεί τις επιφανειακές ασφαλικές στρώσεις
- οι στρώσεις της βάσης από ασύνδετα αδρανή ή σταθεροποιημένα αδρανή συμβάλλουν στην αποτελεσματικότερη συμπύκνωση των υπερκείμενων ασφαλικών στρώσεων.

Η βάση του οδοστρώματος αποτελείται από έναν αριθμό στρώσεων των οποίων τα υλικά μπορεί να είναι από αδρανή δίχως συνδετικό υλικό (ασύνδετα αδρανή) ή από αδρανή με συνδετικό υλικό την άσφαλο (ασφαλτόμιγμα) ή από αδρανή με συνδετικό υλικό το τσιμέντο.

Ο κλασικός συνδυασμός των στρώσεων της βάσης για εύκαμπτα οδοστρώματα είναι: στρώση ή στρώσεις από ασύνδετα αδρανή (οι κάτω στρώσεις) και στρώση ή στρώσεις από ασφαλτόμιγμα (οι άνω στρώσεις). Ορισμένες φορές η στρώση από ασύνδετα αδρανή σταθεροποιείται με τσιμέντο ή ασφαλικό υλικό.

Ένας άλλος συνδυασμός μπορεί να είναι: μέρος της βάσης (κάτω στρώση από σκυρόδεμα και η υπόλοιπη βάση από ασφαλτόμιγμα). Το οδόστρωμα στην περίπτωση αυτή χαρακτηρίζεται ως μικτό εύκαμπτο οδόστρωμα. Τέλος, η βάση μπορεί να είναι εξ ολοκλήρου από ασφαλτόμιγμα.

Τα αδρανή υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή της βάσης είναι πάντοτε καλύτερης ποιότητας από αυτά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή της υπόβασης. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή της βάσης είναι συνήθως επιλεγμένα σταθεροποιημένου τύπου κοκκώδη εδαφικά υλικά (αμμοχάλικα θραυστό από ποτάμια, χείμαρρους ή θραυστό υλικό από κατάλληλους λίθους κάθε φύσης). Το θραυστό υλικό πρέπει να είναι καθαρό, ομοιόμορφο, συμπαγές, και απαλλαγμένο από φυτικές και αργιλικές προσμίξεις. Το συμπυκνωμένο πάχος κάθε στρώσης δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 12 εκατοστά. Όταν χρειάζονται περισσότερες από μια στρώσεις, πριν κατασκευάσουμε την επόμενη μορφώνουμε και συμπυκνώνουμε την προηγούμενη προσεκτικά.

1.1.3 Ασφαλτική βάση (ασφαλτική στρώση βάσης)

Η ασφαλική βάση είναι η ανώτατη και κυριότερη στρώση της βάσης του οδοστρώματος. Είναι η στρώση που ουσιαστικά παραλαμβάνει και κατανέμει τα φορτία της κυκλοφορίας στις υποκείμενες στρώσεις και προσδίδει στο οδόστρωμα δυσκαμψία και αντοχή σε κόπωση. Συνεπώς τα ασφαλτομίγματα που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να είναι αρίστης ποιότητας έτσι ώστε η στρώση:

- να έχει μεγάλη δυσκαμψία
- να έχει υψηλή αντοχή σε κόπωση
- να μην παραμορφώνεται εύκολα
- να έχει μικρή διαπερατότητα προστατεύοντας έτσι τις υποκείμενες στρώσεις. Το

τελευταίο είναι απαραίτητη προϋπόθεση όταν ο τάπητας κυκλοφορίας είναι ανοικτού τύπου (πορώδης) και δεν υπάρχει συνδετική στρώση

- να μην επηρεάζεται από την καταστρεπτική επίδραση του νερού.

1.1.4 Συνδετική στρώση (ασφαλτική στρώση κυκλοφορίας)

Η συνδετική στρώση είναι μια ενδιάμεση στρώση μεταξύ τάπητα κυκλοφορίας και ασφαλτικής βάσης και κατασκευάζεται για να παρέχει μια καλή επίπεδη επιφάνεια (με τις επιθυμητές κλίσεις) επί της οποίας θα διαστρωθεί ο τάπητας κυκλοφορίας. Και η στρώση αυτή θα πρέπει να μην παραμορφώνεται, να μη ρηγματώνεται εύκολα και να είναι σχεδόν αδιαπέρατη από το νερό.

Η συνδετική στρώση σήμερα, σε πολλές χώρες, παραλείπεται δεδομένου ότι η καλή επιφάνεια για την περαιτέρω διάστρωση του τάπητα κυκλοφορίας επιτυγχάνεται με την κατασκευή της ασφαλτικής βάσης. Συνδετική στρώση απαιτείται μόνο εάν ο τάπητας κυκλοφορίας είναι πορώδης και η ασφαλτική βάση μέσης ή ανοικτής υφής. Ακόμη και στην περίπτωση αυτή η συνδετική στρώση θα μπορούσε να ονομασθεί ασφαλτική βάση, δεδομένου ότι ως ασφαλτόμιγμα δε διαφέρει σε τίποτε από αυτό για ασφαλτικές βάσεις κλειστής υφής.

1.1.5 Τάπητας κυκλοφορίας (αντιολισθηρή στρώση)

Ο τάπητας κυκλοφορίας, είναι η ασφαλτική στρώση που έρχεται σε άμεση επαφή με τους τροχούς των οχημάτων και πρέπει να παρέχει άριστη και ασφαλή επιφάνεια κύλισης. Έτσι, η στρώση αυτή θα πρέπει να ικανοποιεί τις παρακάτω απαιτήσεις:

- να είναι ανθεκτική στην καταστροφική δράση της κυκλοφορίας και των καιρικών συνθηκών
- να μην παραμορφώνεται από την κυκλοφορία
- να ανθίσταται στη ρηγμάτωση που επέρχεται από θερμοκρασιακές συστολοδιαστολές και αναπτυσσόμενες εφελκυστικές τάσεις
- να παρέχει καλή αντιολισθηρή επιφάνεια κύλισης είτε από μόνη της είτε με την προσθήκη προεπαλειμμένων αδρανών ή αντιολισθηρού λεπτοτάπητα slurry seal ή ασφαλτικών επαλείψεων ή άλλης επιφανειακής επεξεργασίας
- να παρέχει καλή επιπεδότητα για υψηλής ποιότητας και ασφάλειας οδήγηση
- να παρέχει επιφάνεια κύλισης με χαμηλό επίπεδο θορύβου
- να συνεισφέρει στην αντοχή του οδοστρώματος
- να είναι σχεδόν αδιαπέρατη από νερό έτσι ώστε να μην επιτρέπεται η διείσδυση του ύδατος στις υποκείμενες στρώσεις. Εξαιρέση αποτελεί η χρήση πορώδους τάπητα.

Ο τάπητας κυκλοφορίας ή η επιφανειακή στρώση σε ορισμένες χώρες ονομάζεται φθειρόμενη στρώση λόγω της άμεσης φθοράς που υφίσταται από την κυκλοφορία.

1.1.6 Διαστασιολόγηση εύκαμπτων οδοστρωμάτων

Η διαστασιολόγηση των οδοστρωμάτων συνίσταται στον καθορισμό του πάχους της κάθε στρώσης που όλες μαζί συνθέτουν το οδόστρωμα. Σκοπός κατά τη διαστασιολόγηση είναι να κατανεμηθούν τα φορτία του κυκλοφοριακού φόρτου κατά τέτοιο τρόπο ώστε οι τάσεις που μεταβιβάζονται στο υπέδαφος να μπορούν να παραληφθούν από τη φέρουσα ικανότητα του υπεδάφους. Παράλληλα, θα πρέπει οι τάσεις και παραμορφώσεις που αναπτύσσονται σε οποιαδήποτε στρώση να μην υπερβαίνουν τις τάσεις που δύνανται να παραλάβουν τα υλικά που συνθέτουν την κάθε στρώση.

Ο καθορισμός του πάχους της κάθε στρώσης εξαρτάται άμεσα:

- από το μέγεθος και τη συχνότητα του επιβαλλόμενου φορτίου (κυκλοφοριακός φόρτος)
- τα μηχανικά χαρακτηριστικά της κάθε στρώσης
- τη φέρουσα ικανότητα του υπεδάφους και
- τις κλιματολογικές συνθήκες. Από τις κλιματολογικές συνθήκες, η θερμοκρασία και η υγρασία είναι οι βασικότεροι παράγοντες επηρεασμού.

Επίσης και ένας αριθμός άλλων παραγόντων θα πρέπει πάντοτε να λαμβάνεται υπόψη έτσι ώστε να καθορίζεται η τελική διαστασιολόγηση του οδοστρώματος. Οι παράγοντες αυτοί είναι:

- το κόστος
- η κατασκευή
- η συντήρηση και
- η διάρκεια ζωής.

Κατά συνέπεια, ο σχεδιασμός ενός οδοστρώματος, δεν είναι μια απλή υπολογιστική διαδικασία που υπακούει σε μια συγκεκριμένη μεθοδολογία αλλά μια τεχνο-οικονομική διαδικασία αρκετά πολύπλοκη.

Σήμερα, για τη διαστασιολόγηση των εύκαμπτων οδοστρωμάτων υπάρχουν διάφορες σύγχρονες αναλυτικές (θεωρητικές) και ημι-αναλυτικές μεθοδολογίες. Όλες βασίζονται στη θεωρία της ελαστικότητας, στην τεράστια εμπειρία που αποκτήθηκε από τη συμπεριφορά των οδοστρωμάτων στην πράξη αλλά και στο μεγάλο αριθμό ερευνητικών εργασιών που εκπονήθηκε στα διάφορα εργαστήρια.

Αναλυτικές μεθοδολογίες χαρακτηρίζονται αυτές που ο μελετητής υπολογίζει τις αναπτυσσόμενες τάσεις και παραμορφώσεις σε διάφορα κρίσιμα σημεία της δομής του οδοστρώματος και κατόπιν τις συγκρίνει με τα αντίστοιχα μέγιστα επιτρεπτά μεγέθη που καθορίζονται από τη μηχανική συμπεριφορά των υλικών που θα ενσωματωθούν στο οδόστρωμα. Για τον καθορισμό των αναπτυσσομένων τάσεων και παραμορφώσεων ο μελετητής χρησιμοποιεί την ελαστική θεωρία για πολυστρωματικά συστήματα. Οι μέγιστες επιτρεπτές τάσεις ή παραμορφώσεις που μπορούν να αναπτυχθούν καθορίζονται κατά κανόνα στο εργαστήριο από δοκιμές επί των υλικών που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν. Ο καθορισμός, τέλος, του

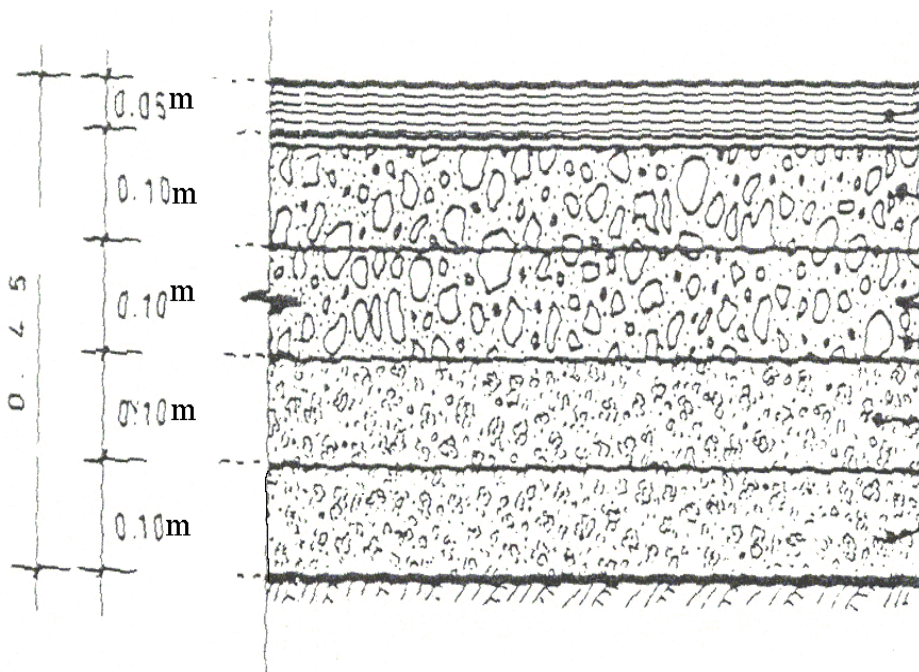
πάχους του οδοστρώματος επιτυγχάνεται από την ικανοποίηση της απαίτησης ότι οι αναπτυσσόμενες τάσεις ή παραμορφώσεις δε θα πρέπει να είναι μεγαλύτερες των μέγιστων επιτρεπτών, για τα προτεινόμενα πάχη των στρώσεων.

Ημι-αναλυτικές μεθοδολογίες χαρακτηρίζονται αυτές που τα πάχη των στρώσεων καθορίζονται εύκολα από διαγράμματα ή νομογραφήματα. Τα διαγράμματα ή νομογραφήματα εξήχθησαν είτε από αναλυτικούς υπολογισμούς παρόμοιους των αναλυτικών μεθοδολογιών, είτε από συνδυασμό αναλυτικών υπολογισμών και αποτελεσμάτων από την πράξη (κυρίως πειραματικά οδοστρώματα μεγάλης κλίμακας και παρακολούθηση της συμπεριφοράς αυτών κάτω από πραγματικές συνθήκες).

Σε όλες τις σύγχρονες μεθοδολογίες ο κυκλοφοριακός φόρτος εκφράζεται συναρτήσει των Ισοδυνάμων Τυπικών Αξόνων (ΙΤΑ) και όχι συναρτήσει του αριθμού των οχημάτων. Η φέρουσα ικανότητα ή αντοχή του υπεδάφους εκφράζεται συναρτήσει του CBR ενώ ως θεμελιώδης μηχανική ιδιότητα όλων των στρώσεων λαμβάνεται το μέτρο ελαστικότητας (ή μέτρο δυσκαμψίας στην περίπτωση των ασφαλτικών στρώσεων).

1.2 Ημιεύκαμπτα οδοστρώματα

Έχουν την μορφή των εύκαμπτων οδοστρωμάτων όσον αφορά τα είδη και τα πάχη των στρώσεων, και διαφοροποιούνται ως προς τα υλικά κατασκευής εφ' όσον χρησιμοποιείται κατεργασμένο θραυστό αμμοχάλικο με μικρή προσθήκη τσιμέντου στις στρώσεις της βάσης και της υπόβασης.



Εικόνα 3. Χαρακτηριστική διατομή ημι-εύκαμπτου οδοστρώματος

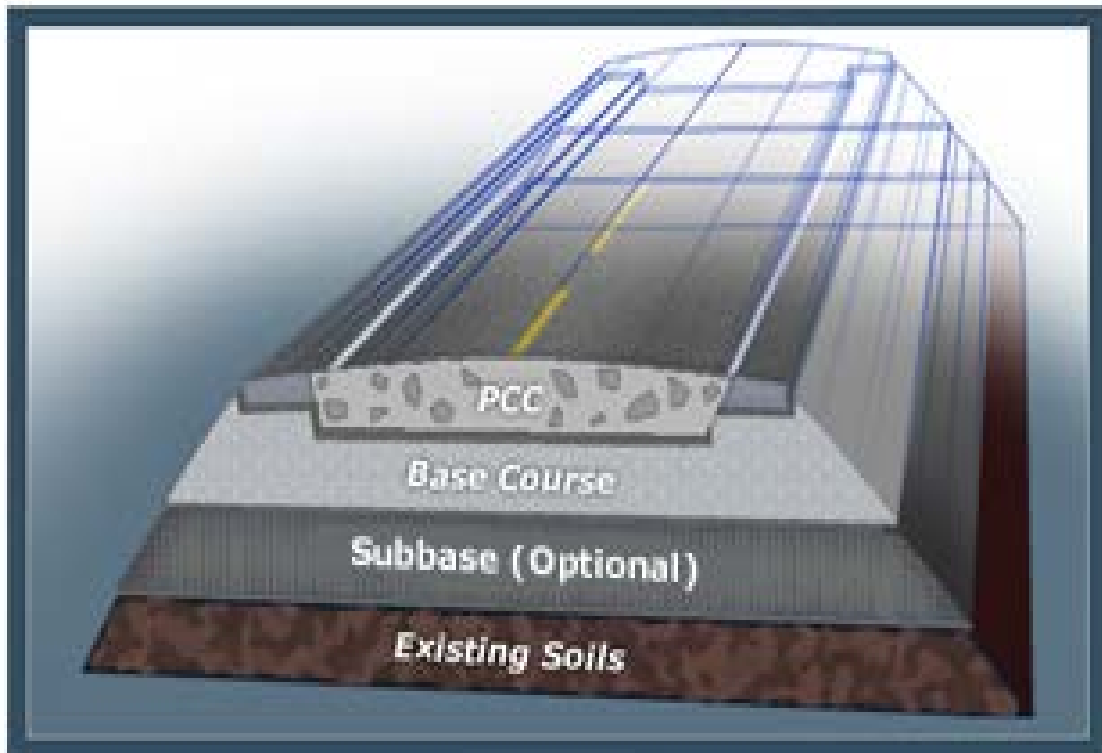
Με αυτό επιτυγχάνεται:

1. η αύξηση της αντοχής του οδοστρώματος
2. η μείωση των καθιζήσεων
3. η προστασία από τον παγετό
4. η αποτροπή της ανόδου του νερού λόγω τριχοειδών φαινομένων

Αυτά τα οδοστρώματα με σταθεροποιημένη βάση, υπόκεινται σε τάσεις κάμψης τόσο πιο μεγάλες όσο τα φορτία είναι πιο έντονα και οι κατώτερες στρώσεις είναι λιγότερο δύσκαμπτες. Όπως και στα εύκαμπτα, έτσι και εδώ, η ζωή του οδοστρώματος εξαντλείται όταν οι σταθεροποιημένες στρώσεις παύουν να παίζουν το ρόλο του κατανεμητή οπότε αρχίζει μια ταχύτατη εξέλιξη της φθοράς της επιφάνειας του οδοστρώματος.

1.3 Δύσκαμπτα οδοστρώματα

Δύσκαμπτα, ή άκαμπτα, οδοστρώματα είναι τα οδοστρώματα με μεγάλη ακαμψία που κατ' αποκλειστικότητα κατασκευάζονται από σκυρόδεμα. Λόγω της μεγάλης ακαμψίας που διαθέτουν, σε αντίθεση με τα εύκαμπτα οδοστρώματα, οι τοπικές καθιζήσεις που πιθανόν να εμφανισθούν κάτω από αυτά δεν αντανakλώνται στην επιφάνεια κύλισης.



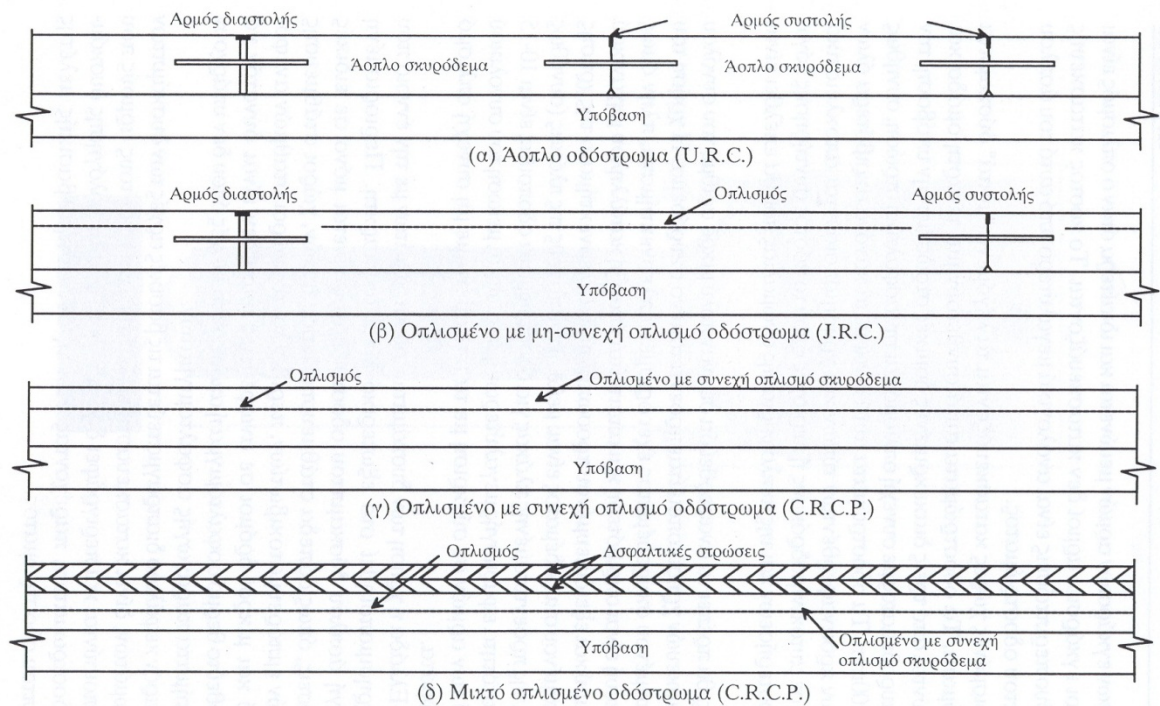
Εικόνα 4.Χαρακτηριστική διατομή δυσκάμπτου οδοστρώματος

Οι βασικές δομικές στρώσεις ενός τυπικού δύσκαμπτου οδοστρώματος είναι δύο:

- η στρώση πάνω στην οποία θα εδραστεί η πλάκα του σκυροδέματος και ονομάζεται υπόβαση και
- η πλάκα από σκυρόδεμα, η επιφάνεια της οποίας είναι και η επιφάνεια κύλισης του οδοστρώματος.

Αναλόγως της κατασκευής της πλάκας, τα δύσκαμπτα οδοστρώματα χωρίζονται σε τρεις τύπους:

- α) τα άοπλα οδοστρώματα,
- β) τα οπλισμένα με μη-συνεχή οπλισμό οδοστρώματα και
- γ) τα οπλισμένα με συνεχή οπλισμό οδοστρώματα.



Εικόνα 5. Χαρακτηριστικοί τύποι δύσκαμπτων οδοστρωμάτων

Η βασική διαφορά μεταξύ των άοπλων ή οπλισμένων με μη-συνεχή οπλισμό οδοστρωμάτων και των οπλισμένων με συνεχή οπλισμό δύσκαμπτων οδοστρωμάτων είναι ότι στα πρώτα κατασκευάζονται αρμοί και στις δύο διευθύνσεις, εγκάρσια και διαμήκη, ενώ στα δεύτερα μόνο κατά τη διαμήκη διεύθυνση. Θα πρέπει να τονισθεί ότι οι αρμοί στα οπλισμένα οδοστρώματα είναι λιγότεροι των οδοστρωμάτων δίχως οπλισμό. Σήμερα υπάρχει η τάση να κατασκευάζονται άοπλα ή οπλισμένα με συνεχή οπλισμό δύσκαμπτα οδοστρώματα

Συμπερασματικά, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η κατασκευή του άοπλου οδοστρώματος είναι απλούστερη και σε απόλυτες τιμές κόστους φθηνότερη. Βασικό μειονέκτημα των άοπλων οδοστρωμάτων είναι η σχετικά μεγάλη συχνότητα των εγκάρσιων αρμών που μειώνει την άνεση κατά την οδήγηση καθώς επίσης αυξάνει τις πιθανότητες κατασκευαστικής αστοχίας και μελλοντικής πιθανής διαφορικής καθίζησης των πλακών. Το μειονέκτημα αυτό περιορίζεται με τη χρήση σιδηρού οπλισμού. Στην περίπτωση αυτή ο αριθμός των εγκάρσιων αρμών μειώνεται και ιδιαίτερα όταν ο οπλισμός είναι συνεχής οι εγκάρσιοι αρμοί δεν κατασκευάζονται. Το κόστος κατασκευής και στις δυο περιπτώσεις είναι αναλογικά μεγαλύτερο από αυτό του άοπλου δύσκαμπτου οδοστρώματος.

Σε ορισμένες χώρες κατασκευάζονται τα λεγόμενα "μικτά" δύσκαμπτα οδοστρώματα. Τα οδοστρώματα αυτά συνθέτουν μια τέταρτη ομάδα και αποτελούνται από τρεις διακεκριμένες δομικές στρώσεις: την υπόβαση, την πλάκα σκυροδέματος με συνεχή οπλισμό και την ασφαλική στρώση, συνήθως πάχους 100mm. Τα οδοστρώματα αυτά είναι κατά κανόνα ακριβότερα όλων των άλλων προαναφερθέντων τύπων και χρησιμοποιούνται αποκλειστικά και μόνο σε αυτοκινητοδρόμους ή περιοχές όπου το κόστος συντήρησης λόγω των καθυστερήσεων και της κυκλοφοριακής ανωμαλίας που θα επέλθει είναι μεγάλο.

Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι σε έναν πολύ μικρό αριθμό του συνόλου των κατασκευών χρησιμοποιείται προεντεταμένο σκυρόδεμα. Η χρήση του προεντεταμένου σκυροδέματος έχει ορισμένα πλεονεκτήματα, πλην όμως η κατασκευή είναι ακριβότερη και απαιτείται ύπαρξη κατάλληλου μηχανικού εξοπλισμού και εξειδικευμένου προσωπικού. Τα πλεονεκτήματα της χρήσης προεντεταμένου σκυροδέματος είναι:

- μείωση του πάχους της πλάκας (συνήθως το πάχος της προεντεταμένης πλάκας για οδοστρώματα οδοποιίας είναι 10-15 cm)
- δυνατότητα εφαρμογής μεγαλύτερων φορτίων και
- μείωση του συνολικού αριθμού των αρμών σε σύγκριση με τα οπλισμένα με μη συνεχή οπλισμό οδοστρώματα.

Στην Ελλάδα η χρήση των δυσκάμπτων οδοστρωμάτων με την έννοια που έχουν χρησιμοποιηθεί στο εξωτερικό είναι ανύπαρκτη. Περιορισμένη εφαρμογή άοπλου δύσκαμπτου οδοστρώματος γίνεται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις, όπως δάπεδα στάθμευσης αεροσκαφών, χώροι στάθμευσης φορτηγών εμπορευματοκιβωτίων, περιβάλλοντες χώροι σταθμών ανεφοδιασμού και μικροί δρόμοι σε ανωφέρειες όπου δεν είναι δυνατόν να διαστρωθεί το θερμό ασφαλτόμιγμα ή ακριτικές περιοχές όπου δεν υπάρχουν συγκροτήματα παραγωγής ασφαλτομιγμάτων.

1.3.1 Υπέδαφος

Η κυριότερη ιδιότητα του υπεδάφους κατά το σχεδιασμό ενός δυσκάμπτου οδοστρώματος είναι το κατά πόσο από είναι σε θέση να παρέχει ομοιόμορφη έδραση της πλάκας, καθ' όλο το μήκος της οδού και καθ' όλη τη διάρκεια σχεδιασμού. Όπως προαναφέρθηκε, οι κυριότερες παράμετροι που επηρεάζουν άμεσα την αντοχή του

υπεδάφους είναι η υγρασία και οι χαμηλές θερμοκρασίες. Έτσι, στις περιπτώσεις αυτές συνιστάται ο υποβιβασμός της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα και η διατήρηση αυτού σε επίπεδο μεγαλύτερο των 600mm. Αυτό επιτυγχάνεται είτε με την κατασκευή στραγγιστηριών είτε με την κατασκευή επιχώματος.

Εάν η φέρουσα ικανότητα του υπεδάφους είναι ικανοποιητική και το υπέδαφος δεν είναι παγόπληκτο, η υπόβαση εδράζεται πάνω στο υπέδαφος, αφού προηγουμένως γίνει η σχετική διαμόρφωση αυτού. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις απαιτείται εξυγίανση του υπεδάφους. Στην περίπτωση των δυσκάμπτων οδοστρωμάτων, το υπέδαφος θεωρείται ότι έχει ικανοποιητική φέρουσα ικανότητα και δεν απαιτείται εξυγίανση ή εξυγιαντική στρώση όταν το CBR αυτού είναι μεγαλύτερο του 15%. Τέλος, όταν η φέρουσα ικανότητα του υπεδάφους είναι καλή (συνήθως CBR μεγαλύτερο του 30%, ή βραχώδες έδαφος) η πλάκα του οδοστρώματος μπορεί να εδραστεί απευθείας πάνω στο υπέδαφος αφού προηγουμένως διασφαλισθεί η επιπεδότητα αυτού. Συνιστάται όπως σε όλες τις περιπτώσεις διαστασιολόγησης δυσκάμπτων οδοστρωμάτων να ακολουθούνται πιστά οι οδηγίες και παραδοχές που χρησιμοποιούνται από τη μεθοδολογία που εφαρμόζεται.

Η φέρουσα ικανότητα του υπεδάφους εκφράζεται τόσο με το CBR όσο και με το μέτρο αντίδρασης k .

Γενικότερα, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η ποιότητα του υπεδάφους επηρεάζει λιγότερο την όλη συμπεριφορά και διαστασιολόγηση του δυσκάμπτου οδοστρώματος, σε σχέση με το εύκαμπτο οδόστρωμα.

1.3.2 Υπόβαση

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή της υπόβασης είναι κοκκώδη φυσικά ή θραυστά αδρανή, σταθεροποιημένα ή όχι με τσιμέντο, όμοια με αυτά που χρησιμοποιούνται για υποβάσεις και βάσεις σε εύκαμπτα οδοστρώματα.

Η επιφάνεια της υπόβασης θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν επίπεδη, έτσι ώστε να διευκολυνθεί η κατασκευή ομοιόμορφου πάχους πλάκας και να αποφευχθεί η χρήση περισσότερης ποσότητας σκυροδέματος που θα αυξήσει το κόστος της κατασκευής.

Οι νεώτερες μεθοδολογίες διαστασιολόγησης και κατασκευής δυσκάμπτων οδοστρωμάτων επιβάλλουν σήμερα τη χρήση διαχωριστικής αδιαπέρατης μεμβράνης πάνω στην ανώτατη επιφάνεια της υπόβασης. Η μεμβράνη αυτή αποτρέπει την απώλεια νερού από το σκυρόδεμα κατά το στάδιο της πήξης. Επίσης λειτουργεί και ως επίπεδο ολίσθησης στην περίπτωση των άοπλων οδοστρωμάτων εκμηδενίζοντας έτσι την τριβή που αναπτύσσεται στη διεπιφάνεια λόγω των θερμοκρασιακών μεταβολών της πλάκας και κατά την πήξη του σκυροδέματος. Η μη ανάπτυξη τριβών λόγω ύπαρξης της μεμβράνης έχει θετική επίδραση στη μη εμφάνιση περαιτέρω ρωγμών. Στην περίπτωση οπλισμένων με συνεχή οπλισμό οδοστρωμάτων η διαχωριστική μεμβράνη ψεκάζεται με ασφαλτικό γαλάκτωμα ή παραλείπεται εάν οι καιρικές συνθήκες είναι ευνοϊκές για την πήξη του σκυροδέματος. Δηλαδή, στην περίπτωση των οδοστρωμάτων με συνεχή οπλισμό επιδιώκεται η ανάπτυξη δεσμού

μεταξύ της πλάκας και της υπόβασης.

Ο ρόλος της υπόβασης στα δύσκαμπτα οδοστρώματα δεν είναι τόσο για την αύξηση της δομικής αντοχής του οδοστρώματος όσο κυρίως για να παρασχεθεί μια στρώση με ομοιόμορφη φέρουσα ικανότητα, προς αποφυγή τοπικών αστοχιών. Είναι γνωστό ότι η συμπεριφορά του υπεδάφους δεν είναι ομοιόμορφη καθ' όλο το μήκος της οδού, λόγω της επίδρασης εξωγενών παραγόντων. Επίσης, η υπόβαση παρέχει μια καλή επιφάνεια για την κυκλοφορία των, βαρέων οχημάτων κατά την κατασκευή.

Οι περιπτώσεις όπου αναμένεται μη ομοιόμορφη συμπεριφορά του υπεδάφους είναι όταν είναι δυνατόν να εμφανισθούν ένα ή περισσότερα από τα παρακάτω φαινόμενα:

- ύπαρξη θερμοκρασιών κάτω του μηδενός (παγετός)
- κακή αποστράγγιση της κατασκευής
- διόγκωση/ συρρίκνωση του υπεδάφους λόγω ύπαρξης αργιλικών υλικών και
- "άντληση" των λεπτόκοκκων υλικών του υπεδάφους.

Η ύπαρξη σωστά σχεδιασμένης υπόβασης εκμηδενίζει τα αρνητικά αποτελέσματα που προέρχονται από τα παραπάνω και τα οποία σε όλες τις περιπτώσεις είναι αιτίες πρόωρης ρηγμάτωσης της πλάκας.

1.3.3 Πλάκα σκυροδέματος

Η πλάκα σκυροδέματος σε ένα δύσκαμπτο οδοστρώμα σκοπό δεν έχει μόνο να παραλαμβάνει και να μεταβιβάζει τις τάσεις του κυκλοφοριακού φόρτου στο υπεδάφος. Πρέπει επίσης να δύναται να παραλάβει όλες τις αναπτυσσόμενες τάσεις οι οποίες προέρχονται από άλλους παράγοντες, κυρίως, τη μεταβολή της θερμοκρασίας και της υγρασίας του σκυροδέματος και την ογκομετρική αλλαγή του υπεδάφους.

Το υλικό που χρησιμοποιείται για την κατασκευή της πλάκας είναι το σκυρόδεμα το οποίο, ως γνωστό, αποτελείται από χονδρόκοκκα και λεπτόκοκκα αδρανή, τσιμέντο, νερό και πιθανότατα ένα ή περισσότερα χημικά πρόσθετα.

Τα αδρανή που χρησιμοποιούνται είναι θραυστά ή φυσικά, καθαρά και ανθεκτικά αδρανή. Μεταλλουργικές σκωρίες, αφού θραυστούν στις απαιτούμενες διαστάσεις και εφ' όσον έχουν τις απαιτούμενες ιδιότητες των προδιαγραφών, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως αδρανή για την παραγωγή του σκυροδέματος.

Η κοκκομετρική διαβάθμιση του τελικού μίγματος των αδρανών δεν είναι τόσο αυστηρή όσο στην περίπτωση παραγωγής ασφατικών μιγμάτων. Συνήθως καθορίζεται η αναλογία άμμου (κόκκοι μικρότεροι των 5 mm) και χονδρόκοκκων αδρανών (κόκκοι μεγαλύτεροι των 5 mm). Οργανισμοί και χώρες χρησιμοποιούν τις δικές τους κοκκομετρικές καμπύλες που όλες λίγο πολύ είναι παρόμοιες μεταξύ τους.

Ο μέγιστος κόκκος των αδρανών που θα χρησιμοποιηθεί για το σκυρόδεμα

δυσκάμπτων οδοστρωμάτων, καθορίζεται από το πάχος της πλάκας. Τα αδρανή, ιδιαίτερα η άμμος, θα πρέπει να είναι από σκληρά πετρώματα μη ασβεστολιθικής προέλευσης έτσι ώστε, με τη λείανση που επέρχεται από την κυκλοφορία, να μη χάνεται η επιτευχθείσα μικροϋφή της επιφάνειας.

Το τσιμέντο που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του σκυροδέματος είναι το κανονικό τσιμέντο Portland. Το νερό, όπως και στην περίπτωση παραγωγής κάθε είδους σκυροδέματος, θα πρέπει να είναι πόσιμο και γενικά απαλλαγμένο από ουσίες που μπορούν να επηρεάσουν την ποιότητα του σκυροδέματος.

Στο σκυρόδεμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν χημικά πρόσθετα με σκοπό να βελτιώσουν την εργασιμότητα, ή/και να αυξήσουν τη θερμοκρασία ενυδάτωσης, με σκοπό να αναμιγνύεται και να διαστρώνεται σε χαμηλές θερμοκρασίες, ή/και να επιταχύνουν την ανάπτυξη της αντοχής του σκυροδέματος κατά τα πρώτα στάδια της σκλήρυνσης. Σε όλες τις περιπτώσεις η προσθήκη οποιουδήποτε προσθετικού είναι επιτρεπτή εφ' όσον επιτυγχάνεται η προδιαγραφείσα αντοχή του σκυροδέματος.

Αρκετά συνήθης είναι η χρήση προσθετικών για την αποτροπή της απόμιξης του σκυροδέματος, της μείωσης της διαπερατότητας, της αύξησης της εργασιμότητας, της αύξησης της αντίστασης σε παγοπληξία και της γενικότερης αντοχής σε καιρικές συνθήκες. Πλην όμως, η προσθήκη ορισμένων προσθετικών, παρ' όλα τα θετικά αποτελέσματα που έχει, μειώνει ελαφρώς την αντοχή του σκυροδέματος.

1.3.4 Κατασκευή δύσκαμπτων οδοστρωμάτων

Η κατασκευή των δυσκάμπτων οδοστρωμάτων χαρακτηρίζεται από την εμπλοκή (χρήση) ειδικά σχεδιασμένων μηχανημάτων το καθένα από τα οποία εκτελεί και μια συγκεκριμένη αποστολή. Έτσι γίνεται φανερό ότι θα πρέπει να υπάρχει καλός συντονισμός των εργασιών κατά την κατασκευή, ώστε να παραχθεί ποιοτικό αποτέλεσμα με το ελάχιστο των καθυστερήσεων.

Κατά την κατασκευή τα βασικά στάδια που ακολουθούνται είναι:

1. Προετοιμασία του υπεδάφους ή/και της υπόβασης
2. Τοποθέτηση των τύπων (εάν χρησιμοποιείται αυτή η μέθοδος)
3. Τοποθέτηση των αρμών και του οπλισμού (εάν χρησιμοποιείται)
4. Ανάμιξη και εκφόρτωση του σκυροδέματος
5. Διάστρωση του σκυροδέματος
6. Συμπύκνωση και μόρφωση του σκυροδέματος
7. Σκλήρυνση του σκυροδέματος

Η προετοιμασία του υπεδάφους ή/και της υπόβασης κυρίως συνίσταται στην επαρκή συμπύκνωση. Αυτό επιτυγχάνεται με την ίδια τεχνική και μηχανήματα που χρησιμοποιούνται στα εύκαμπτα οδοστρώματα.

Η τοποθέτηση των τύπων είναι μια χρονοβόρα αλλά αναγκαία διαδικασία. Οι τύποι που συνήθως χρησιμοποιούνται σήμερα είναι σιδηρές πλάκες. Η μέθοδος κατασκευής με σταθερούς τύπους ονομάζεται "διάστρωση με σταθερούς τύπους". Γίνεται αντιληπτό ότι στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να υπάρχει αρκετά μεγάλος αριθμός τύπων έτσι ώστε να υπάρχει ικανοποιητική και συνεχής απόδοση των εργασιών.

Σε αντίθεση με τον παραπάνω τύπο διάστρωσης αναπτύχθηκε και χρησιμοποιείται η μέθοδος "διάστρωσης με ολίσθηση των τύπων". Με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ευκολία και ταχύτητα κατασκευής.

Η τοποθέτηση των αρμών, οπωσδήποτε των αρμών διαστολής, των αρμών κύρτωσης, των διαμηκών αρμών και του σιδηρού οπλισμού γίνεται χειρωνακτικά πάνω στην προετοιμασθείσα επιφάνεια. Οι αρμοί συστολής μπορούν να κατασκευασθούν και αμέσως μετά τη διάστρωση του σκυροδέματος, εφ' όσον υπάρχει το κατάλληλο μηχάνημα τοποθέτησής τους.

Η ανάμιξη και η εκφόρτωση του σκυροδέματος γίνεται με τα συνήθη μηχανήματα παραγωγής και μεταφοράς σκυροδέματος.

Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι στην Ελλάδα μέχρι σήμερα δεν έχει εκτελεσθεί κανένα ουσιαστικό έργο οδοποιίας στο οποίο να χρησιμοποιήθηκε δύσκαμπτο οδόστρωμα. Η μελλοντική μελέτη δυσκάμπτων οδοστρωμάτων θα πρέπει να τεκμηριώνεται από πλήρη και ορθή τεchnο-οικονομική μελέτη σε σύγκριση με τα εύκαμπτα οδοστρώματα. Επίσης, σε περίπτωση μελλοντικής εφαρμογής θα πρέπει να διασφαλισθεί η ύπαρξη κατάλληλου μηχανικού εξοπλισμού και η επαρκής εκπαίδευση του προσωπικού που πρόκειται να εκτελέσει το έργο.

1.4 Συγκρίσεις ευκάμπτων – δυσκάμπτων οδοστρωμάτων

Τα οδοστρώματα σκυροδέματος όταν ανήκουν στην κατηγορία των δυσκάμπτων και από στατικής διαφέρουν από τα εύκαμπτα οδοστρώματα στο ότι συμπεριφέρονται υπό το βάρος του φορτίου σαν ένα στατικό δύσκαμπτο στοιχείο, που εδράζεται σε ελαστικό υπόστρωμα, ενώ τα εύκαμπτα οδοστρώματα διανέμουν το φορτίο με τον μηχανισμό των στρώσεων.

Τα πλεονεκτήματα των δυσκάμπτων οδοστρωμάτων σε σχέση με τα εύκαμπτα είναι τα εξής:

- Μεγάλη διάρκεια ζωής σε σχέση με τους ασφαλτικούς τάπητες.
- Επιφάνεια ομαλή, κανονική, όχι ολισθηρή και με μεγάλο βαθμό συνάφειας.
- Καλύτερη ορατότητα την νύχτα.
- Κατασκευή με υλικά εσωτερικής προέλευσης.



Εικόνα 6. Σύγκριση της ορατότητας τη νύχτα μεταξύ εύκαμπτου και δύσκαμπτου οδοστρώματος

Τα μειονεκτήματα των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων σε σχέση με τα εύκαμπτα είναι τα εξής:

- Μεταβολές θερμοκρασίας και κακή ποιότητα εδάφους έδρασης προκαλούν ρηγματώσεις.
- Η ύπαρξη αρμών αποτελεί σοβαρό πρόβλημα.
- Μεγάλη διακοπή της κυκλοφορίας κατά την διάρκεια επισκευής.
- Μεγάλο κόστος κατασκευής πλευρικών λωρίδων εγκιβωτισμού.
- Θόρυβος από τη διέλευση των οχημάτων.
- Δυσχέρειες στην κατασκευή κατά τη μετάβαση από όρυγμα σε επίχωμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΥΛΙΚΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

2.1 Έδαφος

Έδαφος είναι το θεμελιακό υλικό των οδοστρωμάτων όπως και των περισσότερων δομικών έργων που κατασκευάζονται από τον άνθρωπο. Το έδαφος θα μπορούσε να οριστεί ως: όλα τα υλικά, ανόργανα και οργανικά, που περιβάλλουν τον πετρώδη φλοιό της γης υπό μορφή χαλαρών ή μαλακών εναποθέσεων. Όλα τα εδάφη προέρχονται από αποσάθρωση των πετρωμάτων ή/και σήψη και αποσύνθεση της βλάστησης. Τα φαινόμενα της αποσάθρωσης και της αποσύνθεσης προκλήθηκαν από φυσικές και χημικές δυνάμεις οι κυριότερες των οποίων είναι ο άνεμος, το νερό (πήξη και τήξη, επίδραση παγετώνων), οι θερμοκρασιακές μεταβολές και οι χημικές αντιδράσεις.

Τα εδάφη χαρακτηρίζονται από τον τρόπο που δημιουργήθηκαν. Χαρακτηρίζονται ως:

- υπολειμματικά
- ιζηματογενή
- αιολικά και
- παγετώδη

Υπολειμματικά εδάφη είναι τα εδάφη που δημιουργήθηκαν από πετρώματα που βρίσκονται ακριβώς κάτω από αυτά. Οι κλιματολογικές συνθήκες (θερμοκρασία και βροχόπτωση) ήταν οι κύριες αιτίες που προκάλεσαν την αποσάθρωση των μητρικών πετρωμάτων. Τα εδάφη αυτά αποτελούνται από ανόργανα κοκκώδη υλικά, λεπτόκοκκα στις ανώτατες στρώσεις και περισσότερο χονδρόκοκκα στις κατώτατες στρώσεις. Τα εδάφη αυτά, εάν δεν έχει επέλθει δραστική χημική αποσάθρωση (τροπικές κλιματολογικές συνθήκες), είναι κατάλληλα για τη θεμελίωση των οδοστρωμάτων.

Ιζηματογενή εδάφη είναι αυτά που δημιουργήθηκαν από την καθίζηση των στερεών σωματιδίων που υπήρχαν σε αιώρηση σε υδάτινο περιβάλλον όπως λίμνες, ποταμούς, ωκεανούς. Τα ιζηματογενή εδάφη μπορεί να είναι από καθαρή άμμο έως κροκουδώδη άργιλο, θαλάσσιας προέλευσης. Από τα ιζηματογενή εδάφη τα προσχωματικά, αυτά που έχουν εναποτεθεί από ποταμούς, εξαιρουμένων των αποθέσεων των δέλτα ποταμών, είναι κατά κανόνα κατάλληλα για την κατασκευή επ' αυτών οδοστρωμάτων και σαν πηγή παροχής υλικών οδοστρωσίας.

Αιολικά εδάφη είναι αυτά που δημιουργήθηκαν από μεταφορά και εναπόθεση λεπτόκοκκων υλικών με τη βοήθεια ανέμου. Τα εδάφη αυτά εμφανίζονται ως αμμόλοφοι ή ως ασβεστική ιλύς. Η κατασκευή οδοστρωμάτων επί αμμολόφων που δεν προστατεύονται από φυτική γη παρουσιάζει πρόβλημα πλήρους κάλυψης αυτών με άλλη άμμο με αποτέλεσμα πολλές φορές να είναι αδύνατη η διέλευση οχημάτων.

Παγετώδη εδάφη είναι αυτά που δημιουργήθηκαν την εποχή των παγετώνων. Τα εδάφη αυτά, εκτείνονται σε βάθος πολλών χιλιομέτρων, αποτελούνται από ογκόλιθους, κροκάλες, χαλίκια, άμμο, ιλύ και άργιλο και συναντώνται ευρέως στο

βόρειο ημισφαίριο.

Τα εδάφη μπορούν επίσης να χαρακτηριστούν συναρτήσει της περιεκτικότητας αυτών σε οργανικά υλικά. Τα εδάφη στα οποία τα ανόργανα συστατικά των ορυκτών υλικών υπερισχύουν των οργανικών ουσιών ονομάζονται ανόργανα εδάφη. Σε αντίθετη περίπτωση ονομάζονται οργανικά εδάφη τα οποία χαρακτηρίζονται από το σκούρο καφέ χρώμα τους και τη χαρακτηριστική οσμή.

Ανεξάρτητα του πώς δημιουργήθηκαν, τα εδάφη χαρακτηρίζονται από έλλειψη ομοιογένειας. Τα εδάφη εμφανίζονται σαν χαλαρά μέχρι συμπυκνωμένα, με ή χωρίς συνεκτικότητα (ποικίλου βαθμού) με κοκκομετρική διαβάθμιση συνεχή ή μη. Η παραπάνω ανομοιογένεια εμφανίζεται τόσο στο οριζόντιο επίπεδο όσο και στο κάθετο επίπεδο (βάθος). Ο μηχανικός οδοποιίας σχεδόν πάντοτε οφείλει να χρησιμοποιήσει το υπάρχον έδαφος ως έχει, δίχως καμία τροποποίηση, γεγονός που καθιστά την εκτίμηση των μηχανικών ιδιοτήτων και εν γένει τη μηχανική συμπεριφορά του εδάφους πιο επίπονη και δύσκολη.

2.1.1 Γενικές ομάδες εδαφών

Τα φυσικά εδάφη, παρ' όλη την ανομοιομορφία τους, μπορούν να ταξινομηθούν σε βασικές γενικές ομάδες ή υπο-ομάδες συναρτήσει του μεγέθους του κόκκου. Με την έννοια μέγεθος κόκκου, στην προκειμένη περίπτωση, νοείται το μέσο μέγεθος (διάμετρος) του κόκκου που εμπεριέχεται στο έδαφος. Η ταξινόμηση αυτή είναι αρκετά χρήσιμη για τους μηχανικούς οδοποιίας διότι με αυτή συσχετίζονται άμεσα οι ιδιότητες μηχανικής συμπεριφοράς των εδαφών. Οι βασικές ομάδες εδαφών συναρτήσει του μεγέθους των κόκκων, κατά φθίνουσα σειρά είναι: λίθοι, κροκάλες, χαλίκια, άμμος, ιλύς και άργιλος. Οι αντιπροσωπευτικές διαστάσεις των κόκκων για τις παραπάνω ομάδες και υπο-ομάδες διαφέρουν ελαφρώς από προδιαγραφή σε προδιαγραφή. Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται κάποιες γενικές ομάδες εδαφών σε συνάρτηση με το μέγεθος των κόκκων τους.

Κροκάλες, χαλίκια και άμμος είναι κοκκώδη εδάφη οι κόκκοι των οποίων δεν έχουν καθόλου ή σχεδόν καθόλου συνοχή μεταξύ τους. Αναγνωρίζονται οπτικά εύκολα και διακρίνονται για τη μεγάλη διαπερατότητά τους και για την καλή τους σταθερότητα κάτω από την επίδραση αξονικών φορτίων όταν συνυπάρχει πλευρική παρεμπόδιση (εγκιβωτισμός). Ο όρος χαλίκια χρησιμοποιείται για φυσικά χαλίκια ποταμών ή ορυχείων τα οποία στη μεγάλη πλειοψηφία τους έχουν σφαιρικό σχήμα. Αντίθετα, ο όρος θραυστό χαλίκι αναφέρεται σε υλικό διαστάσεων χαλικιού που προήλθε από θραύση φυσικών λίθων και έχει τουλάχιστο μια πλευρά θραυσμένη. Παρόμοια είναι και η αντιστοιχία των όρων άμμος και θραυστή άμμος.

Ιλύς είναι έδαφος με λεπτούς κόκκους οι οποίοι μεταξύ τους, σε αντίθεση με την παραπάνω ομάδα, έχουν κάποια συνοχή. Είναι δύσκολο να αναγνωριστούν οπτικά εκτός εάν ξηρανθούν, αποσβωλιασθούν και κοσκινιστούν με τη χρήση του κοσκίνου των 0.075mm (No.200), οπότε στην περίπτωση αυτή εμφανίζονται σε μορφή πούδρας. Το σχήμα των λεπτότατων κόκκων ιλύος είναι κατά βάση σφαιρικό. Οι ιλύες χαρακτηρίζονται από τη χαμηλή έως μέτρια πλαστικότητα, την πολύ μικρή

διαπερατότητα και το γεγονός ότι υπόκεινται σε σημαντική συρρίκνωση και διαστολή με τις αλλαγές της υγρασίας. Το τελευταίο είναι ιδιαίτερα εμφανές όταν οι διαστάσεις των κόκκων της ιλύος πλησιάζουν τις διαστάσεις της αργίλου. Η σταθερότητα της στρώσης από ιλύ κάτω από την επίδραση αξονικών φορτίων εξαρτάται κυρίως από την ύπαρξη ή μη αποσυντιθεμένων οργανικών ουσιών καθώς και πλακόμορφων ανόργανων σωματιδίων όπως μίκας (μαρμαρυγία). Οι οργανικές ιλύες είναι ασταθείς και παρουσιάζουν μεγάλη συμπίεστότητα.

Γενικές Ομάδες/ υπο-ομάδες	Κατά AASHTO	Κατά ASTM
	Διαστάσεις κόκκων σε mm	
Κροκάλες (λίθοι)	> 75.0	> 75
Χαλίκια	75.0 - 2.00	75.0 - 4.75
- χονδρόκοκκα	75.0 - 25.0	75.0 - 19.0
- μεσαία	25.0 - 9.5	-
- λεπτόκοκκα	9.5 - 2.00	19.0 - 4.75
Άμμος	2.00 - 0.075	4.75 - 0.075
- χονδρόκοκκη	2.00 - 0.075	4.75 - 0.075
- μεσαία	2.00 - 0.475	4.75 - 2.00
- λεπτόκοκκη	0.475 - 0.075	2.00 - 0.475
Ιλύς	0.075 - 0.002	< 0.075
Αργίλος	< 0.002	-
Κολλοειδές	< 0.001	-

Πίνακας 1. Γενικές ομάδες εδαφών συναρτήσει του μεγέθους των κόκκων

Αργίλος είναι πολύ λεπτόκοκκο έδαφος κολλοειδούς μορφής (θολό υδατικό διάλυμα με τα στερεά σωματίδια για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα σε αιώρηση). Το σχήμα των αργιλικών σωματιδίων, σε αντίθεση με τις ιλύες και τις άμμους, είναι πεπλατυσμένο και επίμηκες υπό μορφή πεταλίων πάρα πολύ μικρών διαστάσεων (η μέγιστη διάσταση είναι μικρότερη των 0.002mm). Λόγω του μεγέθους και της φύσεως των σωματιδίων, μια συγκεκριμένη μάζα αργίλου έχει τη μεγαλύτερη ειδική επιφάνεια από οποιαδήποτε άλλη ισοδύναμη εδαφική μάζα. Επίσης, η επιφάνεια των σωματιδίων είναι περισσότερο χημικά δραστική και ασταθής από οποιοδήποτε άλλο εδαφικό υλικό.

Οι άργιλοι διακρίνονται για τη μέτρια έως μεγάλη πλαστικότητα, τη σχετικά μεγάλη αντοχή όταν βρίσκονται σε ξηρή κατάσταση, για τη μεγάλη αυξομείωση του όγκου με αντίστοιχη αυξομείωση της υγρασίας και για το γεγονός ότι είναι πρακτικά αδιαπέραστες από το νερό. Με την αύξηση του ποσοστού υγρασίας ή τη διατάραξη της αργιλικής στρώσης μειώνεται δραματικά η αντοχή και η φέρουσα ικανότητα

αυτής. Τα αργιλικά εδάφη προκαλούν πάντοτε προβλήματα στο μηχανικό και θα πρέπει να αντιμετωπίζονται με τη δέουσα προσοχή. Δεν είναι λίγες οι φορές που αργιλικά εδάφη κρίνονται ακατάλληλα για την έδραση των οδοστρωμάτων, δίχως την παρεμβολή άλλης εδαφικής στρώσης ή γεφυφάσματος.

Είναι γνωστό ότι πολλά εδάφη δεν εμπίπτουν σε μία μόνο από τις παραπάνω γενικές κατηγορίες αλλά ταυτόχρονα σε δύο ή και τρεις κατηγορίες, δεδομένου ότι εμπεριέχουν κόκκους διαφόρων διαστάσεων. Παραδείγματος χάριν, υπάρχουν εδάφη που περιέχουν ένα ποσοστό άμμου και ένα ποσοστό ιλύος ή ένα ποσοστό άμμου και χάλικος κλπ. Στις περιπτώσεις αυτές η ονομασία των εδαφών αυτών είναι η σύνθετη λέξη που προέρχεται από τα δύο βασικά συστατικά, π.χ. ιλυώδης άμμος, αμμοχάλικο, κλπ.

Οι παραπάνω τύποι εδαφών είναι οι περισσότεροι κοινοί τύποι που εμφανίζονται στα έργα οδοποιίας. Απαντώνται επίσης εδάφη με την ονομασία πηλώδες, ασβεστική ιλύς και τυρφώδες. Το πρώτο είναι ένας άλλος ορισμός που χρησιμοποιείται από ορισμένους για το αργιλώδες έδαφος. Το δεύτερο είναι αιολικό έδαφος με τις ιδιότητες που αναφέρθηκαν παραπάνω. Το τρίτο, αποτελείται κυρίως από φυτική ύλη σε αποσύνθεση, περιέχει σχεδόν πάντοτε πολλή υγρασία (ή απορροφά πολλή υγρασία), είναι πολύ συμπιεστό και τελείως ανεπιθύμητο για την έδραση οδοστρωμάτων.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι η γνώση του μεγέθους των κόκκων ή του φάσματος των διαστάσεων των κόκκων του εδάφους δεν είναι επαρκής για να δώσει την πλήρη εικόνα των ιδιοτήτων του εδάφους και της συμπεριφοράς αυτού κάτω από συνθήκες φόρτισης. Για παράδειγμα, μία φυσική σφαιρική άμμος συμπεριφέρεται τελείως διαφορετικά ως προς τη διατμητική αντοχή από μία θραυστή γωνιώδη άμμο ανεξάρτητα εάν έχουν την ίδια κοκκομετρική διαβάθμιση. Αντίστοιχη και περισσότερο πολύπλοκη είναι η συμπεριφορά μεταξύ ιλυωδών ή/και αργιλικών εδαφών. Ο μηχανικός οδοποιίας, σε περιπτώσεις μεγάλων έργων (αυτοκινητόδρομοι, τεχνικά έργα οδοποιίας κλπ.) θα πρέπει να διερευνά πλήρως τη συμπεριφορά τέτοιων εδαφών για να είναι απόλυτα σίγουρος για την καλή μελλοντική συμπεριφορά της κατασκευής.

2.2 Αδρανή Υλικά

Τα αδρανή υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των ευκάμπτων οδοστρωμάτων προέρχονται κυρίως από τη θραύση κατάλληλων πετρωμάτων, ή από φυσικές αποθέσεις ποταμών, χειμάρρων, θαλάσσης ή ορυχείων με ή χωρίς θραύση. Τα αδρανή υλικά μπορεί να προέρχονται και από σκωρίες, ή από απορρίμματα ορυχείων, ή και από υλικά κατεδαφίσεων, εφ' όσον πληρούνται οι απαιτούμενες μηχανικές και φυσικές ιδιότητες. Επίσης, ως αδρανή υλικά χρησιμοποιούνται και τεχνητά αδρανή, ή κονιοροτοποιημένα υλικά παλαιών οδοστρωμάτων κατασκευασμένων από ασφαλτόμιγμα ή από σκυρόδεμα (υλικά ανακύκλωσης).

Σκωρίες, είναι παραπροϊόντα που παράγονται κατά τη διαδικασία παραγωγής μετάλλων, όπως σιδήρου, νικελίου κλπ. Ο τύπος των σκωριών που παράγονται

ποικίλλουν ως προς τη χημική σύσταση, το ειδικό βάρος και το πορώδες. Η χρήση των σκωριών στην οδοποιία περιορίζεται συνήθως σε έργα που γίνονται κοντά στα εργοστάσια παραγωγής. Οι σκωρίες χρησιμοποιούνται κυρίως ως υποκατάστατο των αδρανών και σε ελάχιστες περιπτώσεις ως υποκατάστατο της παιπάλης (φίλλερ).

Απορρίμματα ορυχείων, είναι πετρώματα με μικρή περιεκτικότητα σε μέταλλευμα που απορρίπτονται κατά τη διαδικασία εμπλουτισμού.

Υλικά κατεδαφίσεως (μπάζα), χρησιμοποιούνται όπως και τα απορρίμματα ορυχείων σε στρώσεις υποβάσεων ή βάσεων, αφού γίνει κάποια προεπιλογή και θραύση.

Τεχνητά αδρανή, παράγονται κυρίως από τη διαπύρωση πετρωμάτων όπως βωξίτη, σχιστόλιθου κλπ. Ορισμένα, όπως ο πεφρυγμένος βωξίτης, χαρακτηρίζονται για την υψηλή σκληρότητά τους και χρησιμοποιούνται ως σκληρά αδρανή σε αντιολισθηρούς τάπητες. Άλλα τεχνητά αδρανή χαρακτηρίζονται από το μικρό ειδικό βάρος και χρησιμοποιούνται κυρίως στην παραγωγή ελαφρομπετόν.

Κονιορτοποιημένα υλικά παλαιών οδοστρωμάτων, προέρχονται από την ανακατασκευή παλαιών οδοστρωμάτων μετά από προεπιλογή και θραύση, χαρακτηρίζονται ως ανακυκλωμένα υλικά και χρησιμοποιούνται κυρίως σε υποβάσεις και βάσεις.

2.2.1 Αδρανή υλικά φυσικών αποθέσεων



Εικόνα 7. Λατομείο αδρανών

Υλικά φυσικών αποθέσεων είναι τα γνωστά χαλίκια, τα αμμοχάλικα, ή η φυσική άμμος, που βρίσκονται σε ελαφρώς σταθεροποιημένη μορφή στις παλαιές κοίτες ή όχθες χειμάρρων, στα υψίπεδα που δημιουργήθηκαν κατά τη μετά-παγετώνια περίοδο (υψίπεδο Λεπτοκαριάς), στις εκβολές ποταμών ή χειμάρρων ή σε παραλίες. Τα υλικά φυσικών αποθέσεων χρησιμοποιήθηκαν και χρησιμοποιούνται ευρέως ως υλικά υποβάσεων και βάσεων. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και για την παραγωγή ασφαλτομιγμάτων αφού προηγουμένως απαλλαγούν (με προκοσκίνισμα και πλύση) από το χώμα ή την ιλύ που πιθανόν περιέχουν και κατόπιν θραυστούν ώστε να αποκτήσουν την επιθυμητή κοκκομετρική διαβάθμιση.



Εικόνα 8. Λατομείο αδρανών

Τα υλικά φυσικών αποθέσεων είναι "χαλαρά" γι' αυτό εξορύσσονται με τη βοήθεια εκσκαφέα ή ισχυρού φορτωτή. Τα αδρανή υλικών φυσικών αποθέσεων είναι μίγμα διάφορων πετρωμάτων κυρίως ασβεστολιθικών, ψαμμιτικών και γρανιτικών. Λόγω αυτής ακριβώς της σύνθεσής τους τα θραυστά χαλίκια έχουν καλύτερες μηχανικές ιδιότητες από αυτές των ασβεστολιθικών πετρωμάτων και θα πρέπει να προτιμούνται από τα ασβεστολιθικά για τάπητες κυκλοφορίας όταν βέβαια υπάρχει έλλειψη από άλλα σκληρότερα πετρώματα.

2.2.2 Θραυστά αδρανή πετρωμάτων

Τα θραυστά αδρανή παράγονται σε λατομεία από διάφορα πετρώματα με κατάλληλες μηχανικές και χημικές ιδιότητες. Τα πετρώματα κατατάσσονται σε τρεις γενικές κατηγορίες: τα πυριγενή, τα ιζηματογενή και τα μεταμορφωσιγενή.

Τα πυριγενή πετρώματα είναι τα πετρώματα που σχηματίστηκαν από την ψύξη τετηγμένων στοιχείων (υλικών). Ανάλογα με την ταχύτητα ψύξης χαρακτηρίζονται ως χονδρόκοκκης υφής, όπως τα γρανιτικά πετρώματα (αργή ψύξη), ή λεπτόκοκκης υφής, όπως ο βασάλτης (γρηγορότερη ψύξη).

Τα ιζηματογενή πετρώματα σχηματίστηκαν από τη στερεοποίηση ιζημάτων που εναποτέθηκαν στον πυθμένα προϊστορικών θαλασσών. Τυπικά ιζηματογενή πετρώματα είναι: ο ασβεστόλιθος, ο δολομίτης, ο αργιλικός σχιστόλιθος, ο ψαμμόλιθος, ο γύψος, τα κροκαλοπαγή πετρώματα, ο κρυπτοκρυσταλλικός χαλαζίας κ.ά.

Τα μεταμορφωσιγενή πετρώματα είναι πυριγενή ή ιζηματογενή πετρώματα που μεταμορφώθηκαν κάτω από υψηλή θερμοκρασία και πίεση. Τέτοια πετρώματα είναι: ο σχιστόλιθος από αργιλικό σχιστόλιθο, το μάρμαρο από ασβεστόλιθο, ο χαλαζίτης από ψαμμόλιθο, ο γνεύσιος από γρανίτη κ.ά.

Τα περισσότερα πυριγενή και ορισμένα μεταμορφωσιγενή πετρώματα είναι συνήθως πολύ σκληρά πετρώματα από τα οποία εξάγονται άριστης ποιότητας θραυστά αδρανή για όλες τις στρώσεις των οδοστρωμάτων και ιδιαίτερα για τους τάπητες κυκλοφορίας.



Εικόνα 9. Θραυστά αδρανή

Τα ιζηματογενή πετρώματα είναι "παλαιότερα" των πυριγενών πετρωμάτων. Από τα πλέον γνωστά ιζηματογενή πετρώματα είναι αυτά του ασβεστόλιθου και του δολομίτου, από τα οποία εξάγονται θραυστά αδρανή κατώτερης των πυριγενών ποιότητας που όμως είναι αποδεκτά για πολλές χρήσεις στην οδοστρωσία.

2.2.3 Διαχωρισμός αδρανών

Το σύνολο των αδρανών υλικών διακρίνεται σε χονδρόκοκκο υλικό, λεπτόκοκκο υλικό και παιπάλη ή φίλλερ. Χονδρόκοκκο αδρανές ορίζεται από του οποίου οι κόκκοι συγκρατούνται στο κόσκινο των 4.75 mm (κόσκινο No 4) κατά τις Αμερικανικές προδιαγραφές AASHTO ή ASTM ή στο κόσκινο των 5.00 mm κατά τις Βρετανικές και

Γερμανικές προδιαγραφές.

Λεπτόκοκκο αδρανές ορίζεται από του οποίου οι κόκκοι διέρχονται από το κόσκινο των 4.75 mm ή 5.00 mm, (ανάλογα με τις προδιαγραφές), και συγκρατούνται στο κόσκινο των 75 μm (κόσκινο N° 200). Το λεπτόκοκκο αδρανές έχει κοινώς διαστάσεις άμμου.

Παιπάλη ή φίλλερ ορίζεται το αδρανές υλικό που διέρχεται από το κόσκινο των 75 μm (κόσκινο N° 200), έχει δηλαδή μορφή σκόνης.

	Ταξινόμηση	Περιγραφή	Παράδειγμα
	Σφαιρικό	Στρογγυλεμένα αδρανή λόγω φθοράς από νερό ή άνεμο	Χαλίκι ποταμού, άμμος θαλάσσης, άμμος ερήμου
	Ακανόνιστο	Φυσικό ακανόνιστο σχήμα	Άλλα χαλίκια, πυρόλιθος
Σ	Πλακοειδές	Υλικό του οποίου το πάχος είναι πολύ μικρότερο των άλλων δύο διαστάσεων	Πλακώδη πετρώματα
Χ			
Η	Γωνιώδες	Υλικό που έχει καθορισμένες γωνίες	Όλα τα υλικά που προέρχονται από θραύση
Μ			
Α	Επιμηκυμένο	Υλικό συνήθως γωνιώδες του οποίου το μήκος είναι αισθητά μεγαλύτερο των άλλων δύο διαστάσεων	-
	Πλακοειδές και επιμηκυμένο	Υλικό του οποίου το μήκος είναι μεγαλύτερο από το πλάτος και το πλάτος μεγαλύτερο από το πάχος	-
	Υαλώδης	Επιφάνεια από κοχχυλώδη θραύση	Ηφαιστειογενής μαυρόπετρα, υαλώδης σκωρία
	Λεία	Επιφάνεια λειασμένη από νερό ή υλικά από θραύση πετρώματος με πάρα πολύ λεπτούς κόκκους	Χαλίκια, μάρμαρο, σχιστόλιθος, χαλαζίας
Υ			
Φ	Κοκκώδης	Επιφάνεια που έχει σχεδόν ομοιόμορφους σφαιρικούς κόκκους	Ψαμμόλιθος
Η			
	Τραχεία	Επιφάνεια από θραύση πετρώματος με κόκκους μεσαίου μεγέθους	Βασάλτης, φελσίτης, πορφυρίτης, ασβεστόλιθος
	Κρυσταλλική	Επιφάνεια που περιέχει εμφανείς κρυστάλλους	Γρανίτης, γνεύσιος, γάβρος
	Πορώδης ή κυψελοειδής	Με εμφανείς πόρους και κοιλώματα	Αφρώδης σκωρία, ελαφρόπετρα, clinker

Πίνακας 2. Περιγραφική εκτίμηση σχήματος και υφής αδρανών

2.2.4 Έλεγχοι αδρανών

Τα αδρανή υλικά, λόγω των πολλών πηγών προέλευσής τους, πρέπει να ελέγχονται σε ότι αφορά τις φυσικές και μηχανικές τους ιδιότητες. Έτσι γίνεται διερεύνηση της καταλληλότητας και ιεράρχηση των υλικών για την επιλογή του καλύτερου.

Οι έλεγχοι των αδρανών μπορούν να ταξινομηθούν σε πέντε κύριες ομάδες:

1. τους περιγραφικούς "ελέγχους",
2. τους μη καταστροφικούς ποιοτικούς ελέγχους,
3. τους ελέγχους σκληρότητας και ανθεκτικότητας,
4. τους ελέγχους καθαρότητας, και
5. τους ελέγχους πυκνότητας.

Στον παρακάτω πίνακα δίνεται μια περιγραφική εκτίμηση του σχήματος και της υφής των αδρανών.

2.3 Άσφαλτος Και Ασφαλτικά Υλικά

Η άσφαλτος είναι γνωστή και χρησιμοποιείται από αρχαιοτάτων χρόνων. Είναι ίσως ένα από τα πλέον παλαιά και διαδεδομένα δομικά υλικά. Χρησιμοποιείται εδώ και 6.000 χρόνια ως αρίστης ποιότητας μονωτικό και συνδετικό υλικό.

Η άσφαλτος που χρησιμοποιήθηκε μέχρι και τις αρχές του εικοστού αιώνα ήταν φυσικό προϊόν. Τα πρώτα φυσικά αποθέματα βρέθηκαν στη Νεκρά Θάλασσα και τα μεγαλύτερα επιφανειακά αποθέματα φυσικής ασφάλτου (λίμνη ασφάλτου) στον κόσμο στη νήσο της Τριάδος και στις απέναντι από τη νήσο αυτή ακτές της Βενεζουέλας. Φυσική άσφαλτος υπάρχει και υπό μορφή πετρώματος (ασφαλτόλιθος ή ψαμμάσφαλτος), δηλαδή πετρώματα κυρίως ασβεστολιθικά ή ψαμμιτικά εμπλουτισμένα με άσφαλτο. Η φυσική άσφαλτος, πλην της νήσου Τριάδος και της Βενεζουέλας, χρησιμοποιήθηκε και χρησιμοποιείται περιστασιακά στην κατασκευή οδοστρωμάτων. Σήμερα, από όλα τα παραπάνω αποθέματα μόνο λίγα είναι υπό εκμετάλλευση.

Πλην της φυσικής ασφάλτου υπάρχει και η τεχνητή άσφαλτος. Η τεχνητή άσφαλτος είναι κατάλοιπο κλασματικής απόσταξης πρωτογενούς (αργής) πίσσας ή αργού πετρελαίου. Στην πρώτη περίπτωση παράγεται ο πισσίτης ή πισσάσφαλτος ή κοινώς πίσσα και στη δεύτερη η πετρελαϊκή άσφαλτος ή κοινώς άσφαλτος. Και τα δύο προϊόντα οπτικώς είναι όμοια, έχουν παρόμοιες τεχνολογικές ιδιότητες με αυτές της φυσικής ασφάλτου και χρησιμοποιούνται για τις ίδιες εφαρμογές, όπως κατασκευή οδοστρωμάτων, υδρομονώσεις και προστατευτικές επιστρώσεις σε ένα μεγάλο αριθμό βιομηχανικών προϊόντων. Διαφέρουν όμως ριζικά ως προς τη φυσική και χημική σύστασή τους, καθώς επίσης και ως προς την οσμή. Η πίσσα έχει περισσότερο έντονη και χαρακτηριστική αρωματική μυρωδιά από αυτήν της ασφάλτου.

Η άσφαλτος, γενικώς, πλην της χρήσης αυτής στα οδοστρώματα χρησιμοποιείται επίσης και σε ένα μεγάλο φάσμα άλλων εφαρμογών όπως: κτιριακές κατασκευές,

μόνωση δεξαμενών, φραγμάτων, καλωδίων, προστασία πρανών και όχθων από διάβρωση, παραγωγή βερνικιών, διαποτισμό διαφόρων υλικών κλπ. Ο αριθμός τους ξεπερνά τις 250.

2.3.1 Φυσικές άσφαλτοι

Η φυσική άσφαλτος προέρχεται από φυσική μεταλλαγή του αργού πετρελαίου. Αυτή επιτεύχθηκε πριν εκατομμύρια χρόνια κάτω από την επίδραση βακτηριδίων. Η βακτηριδιακή αυτή αποσύνθεση του αργού πετρελαίου είχε ως αποτέλεσμα να μειωθεί η περιεκτικότητα του αργού πετρελαίου σε κεκορεσμένους υδρογονάνθρακες, κυρίως n-αλκυλένια και σε ελαφρά έλαια και να γίνει έτσι το αργό πετρέλαιο περισσότερο βαρύ και παχύρρευστο παίρνοντας τη μορφή της ασφάλτου.

2.3.1.1 Άσφαλτος νήσου Τριάδος

Η άσφαλτος που προέρχεται από τη νήσο Τριάδος είναι η περισσότερο γνωστή και ευρέως διαδεδομένη φυσική άσφαλτος, η οποία χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα σε έργα οδοποιίας. Τα αποθέματα είναι επιφανειακά και σχηματίζουν "λίμνες". Από το γεγονός αυτό η φυσική αυτή άσφαλτος είναι γνωστή και ως "Άσφαλτος λίμνης". Η κυριότερη και μεγαλύτερη λίμνη ασφάλτου βρίσκεται στο νότιο τμήμα της νήσου. Η συνολική επιφάνειά της είναι περίπου 500 στρέμματα, το μέγιστο βάθος της περίπου 90m και υπολογίζεται ότι υπάρχουν περί τα 15 εκατομμύρια τόνοι ασφάλτου, που είναι ένα από τα μεγαλύτερα αποθέματα καλής ποιότητας φυσικής ασφάλτου στον κόσμο.



Εικόνα 10. Λίμνη ασφάλτου στη νήσο Τριάδος

Το παράδοξο είναι ότι παρόλο που συνεχώς εξορύσσεται άσφαλτος, τα αποθέματα παραμένουν σχεδόν τα ίδια. Η εξόρυξη είναι επιφανειακή και η επιφάνεια της "ασφαλτικής" λίμνης είναι τόσο σκληρή ώστε να δύναται να παραλάβει τα φορτία των εξορυκτικών μηχανημάτων. Η φυσική άσφαλτος της Τριάδος έτσι όπως βγαίνει περιέχει μικρή ποσότητα ύδατος και ξένα υλικά, κυρίως φυτική ύλη και πέτρες, τα οποία απομακρύνονται αφού θερμανθεί στους 160 °C και παράλληλα «κοσκινιστεί».

2.3.1.2 Άσφαλτος Βενεζουέλας και Γιούτα

Η φυσική άσφαλτος της Βενεζουέλας, περιοχής Guapoco, είναι και αυτή επιφανειακή, σχηματίζει λίμνη και είναι παρόμοια με αυτήν της νήσου Τριάδος. Η καλυπτόμενη έκταση είναι μεγαλύτερη, περίπου 4.000 στρέμματα αλλά με λιγότερο βάθος, μέγιστο 3m. Οι ποσότητες που υπάρχουν είναι περίπου οι ίδιες με αυτές της νήσου της Τριάδος και η περιεκτικότητα σε άσφαλτο είναι περίπου 64%. Η φυσική αυτή άσφαλτος δεν είναι τόσο διαδεδομένη όσο της νήσου της Τριάδος.

2.3.1.3 Άλλες φυσικές άσφαλτοι

Όλες οι άλλες φυσικές άσφαλτοι υπό μορφή πετρώματος, δεν είναι εμφανή επιφανειακά κοιτάσματα. Βρίσκονται σε κάποιο βάθος που κυμαίνεται από 3m έως 1000m. Η τυπική περιεκτικότητα των κοιτασμάτων σε άσφαλτο κυμαίνεται από 5 έως 20%. Λόγω της μικρής αυτής περιεκτικότητας και της δαπανηρής και χρονοβόρου διαδικασίας καθαρισμού και εμπλουτισμού της, συνήθως με τεχνητή μαλακή άσφαλτο ή/και διαλύτες, η εκμετάλλευση των φυσικών αυτών ασφάλτων καθίσταται ασύμφορη. Έτσι είναι πολύ περιορισμένη η χρήση αυτών τόσο στην οδοποιία όσο και στις άλλες βιομηχανικές εφαρμογές.

2.3.2 Πίσσα

Η πίσσα, όπως προαναφέρθηκε, είναι παράγωγο κλασματικής απόσταξης πρωτογενούς πίσσας η οποία παράγεται από την ενανθράκωση φυσικών οργανικών ουσιών όπως γαιάνθρακας ή ξύλο. Όταν η πρωτογενής πίσσα προέρχεται από γαιάνθρακα τότε το προϊόν ονομάζεται λιθανθρακόπισσα, ενώ όταν προέρχεται από ενανθράκωση ξύλου το προϊόν ονομάζεται ξυλόπισσα. Η λιθανθρακόπισσα αναμιγνύεται περαιτέρω με αποστάγματα ελαίων και έτσι παράγεται η επεξεργασμένη πίσσα ή πισσάσφαλτος ή κοινώς πίσσα.

Η κατάταξη της πίσσας γίνεται κυρίως συναρτήσει της θερμοκρασίας ισο-ιξώδους (EVT) και υπάρχουν οκτώ διαφορετικοί τύποι, σύμφωνα με τις Βρετανικές προδιαγραφές, από 30°C EVT έως 58°C EVT. Η EVT είναι η θερμοκρασία στην οποία 50ml πίσσας έχουν χρόνο ροής 50 sec όταν διέρχονται διαμέσου συγκεκριμένης οπής 10 mm της ιξωδομετρικής συσκευής για πίσσα. Έτσι, όσο πιο μεγάλη είναι η τιμή EVT τόσο πιο ιξώδης είναι η πίσσα. Πίσσα με 50-58°C EVT είναι κατάλληλη για πυκνά ασφαλτομίγματα βαριάς κυκλοφορίας, ενώ πίσσα με 30-38°C EVT χρησιμοποιείται σε ανοικτού τύπου ασφαλτομίγματα ελαφριάς κυκλοφορίας. Για

επιφανειακές (ή ασφαλικές) επαλείψεις χρησιμοποιείται συνήθως πίσσα με 34-46°C ΕVΤ.

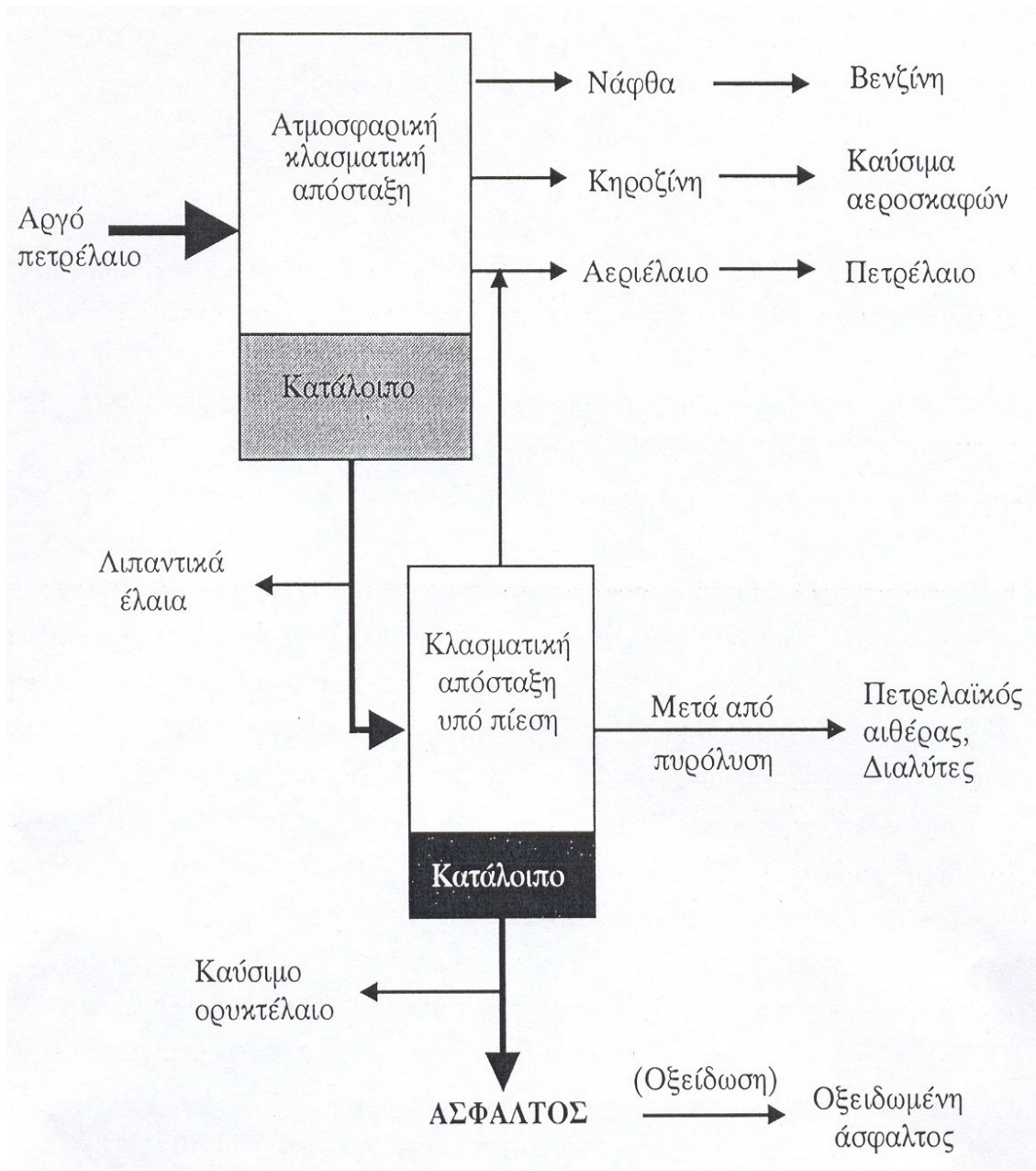
Η πίσσα χρησιμοποιήθηκε ευρέως, για αρκετά χρόνια, τόσο στην οδοποιία όσο και στην παραγωγή μονωτικών υλικών. Τα τελευταία χρόνια, για λόγους κυρίως περιβαλλοντικούς και υγιεινής, η χρήση της πίσσας έχει ελαχιστοποιηθεί. Σε ορισμένες μάλιστα χώρες, όπως Γερμανία, Ολλανδία και ορισμένες πολιτείες των Η.Π.Α., έχει απαγορευθεί η χρήση της σε έργα οδοποιίας. Σήμερα, η πίσσα χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά και μόνο για την παραγωγή συγκεκριμένων ασφαλτομιγμάτων που δεν προσβάλλονται από βενζίνη ή λάδια (αντί-κηροζινικές στρώσεις), ή για την παραγωγή μίγματος πίσσας και ασφάλτου για ασφαλικές επαλείψεις. Με μίγμα πίσσας και ασφάλτου επέρχεται καλύτερη επικάλυψη των αδρανών και καλύτερη πρόσφυση της ασφάλτου στο αδρανές. Το μίγμα πίσσας και ασφάλτου χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά και μόνο στην Αγγλία.

Εκτός των παραπάνω δύο πλεονεκτημάτων η πίσσα ή μίγμα αυτής με άσφαλο δεν έχει να προσφέρει τίποτε περισσότερο. Αντιθέτως, είναι περισσότερο ευαίσθητη στις θερμοκρασιακές μεταβολές με αποτέλεσμα να μαλακώνει ευκολότερα και να σκληραίνει και να θρυμματίζεται γρηγορότερα από αντίστοιχου ιξώδους άσφαλο. Στην Ελλάδα, η πίσσα, παρόλο που δεν έχει απαγορευθεί, δε χρησιμοποιείται σε έργα οδοποιίας εδώ και πολλά χρόνια.

2.3.3 Πετρελαϊκή άσφαλτος

Η πετρελαϊκή άσφαλτος είναι παράγωγο κλασματικής απόσταξης αργού πετρελαίου. 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. Υπό την επίδραση του υπερκείμενου βάρους σχηματίστηκαν υδατογενή πετρώματα. Το αλατούχο-λιμνώδες περιβάλλον αποσάθρωσε την οργανική ύλη, η οποία κάτω από την επίδραση των υψηλών πιέσεων, θερμοκρασιών, βακτηριδιακής δράσης και πιθανότατα ακτινοβολίας, μετατράπηκε σε υδρογονάνθρακες της μορφής του αργού πετρελαίου, Περαιτέρω εναποθέσεις σε νεώτερους χρόνους σχημάτισαν νέα στρώματα πετρωμάτων τα οποία πίεσαν το αργό πετρέλαιο να ανέλθει δια μέσου πορώδων πετρωμάτων προς την επιφάνεια της γης. Στο σημείο που τα πορώδη πετρώματα ήταν υπερκαλυμμένα από συμπαγή μη-πορώδη πετρώματα, το αργό πετρέλαιο μαζί με αέρια σχημάτισε τεράστιες υπόγειες δεξαμενές. Εκεί παρέμεινε και παραμένει μέχρι εξορύξεως. Ένα διάγραμμα παραγωγής της ασφάλτου φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

Αναλόγως της αρχικής συστάσεως της οργανικής ύλης και των συνθηκών που επικράτησαν, το αργό πετρέλαιο απέκτησε τις δικές του φυσικές και χημικές ιδιότητες. Έτσι, κάθε πετρελαιοπαραγωγική περιοχή παράγει το δικό της τύπο αργού πετρελαίου. Η μορφή του αργού πετρελαίου διαφέρει από μαύρο παχύρρευστο έως καστανόξανθο λεπτόρρευστο υγρό.. Σήμερα παγκοσμίως υπάρχουν πλέον των 1500 τύπων αργού πετρελαίου. Παραγωγή πετρελαϊκής ασφάλτου κατάλληλης για την οδοποιία γίνεται από το αργό πετρέλαιο ορισμένων μόνο περιοχών.



Εικόνα 11. Σχηματικό διάγραμμα παραγωγής ασφάλτου

Η πετρελαϊκή άσφαλτος, που από εδώ και στο έξης θα αναφέρεται απλώς ως "άσφαλτος", παράγεται από το υπόλειμμα της απόσταξης του αργού πετρελαίου κατόπιν περαιτέρω αποστάξεως (με υπό-πίεση). Από τη δεύτερη απόσταξη παράγονται διάφοροι τύποι ασφάλτων που θα χρησιμοποιηθούν σε έργα οδοποιίας και έργα αεροδρομίων (άσφαλτος οδοστρωσίας). Ο τύπος της ασφάλτου που θα παραχθεί καθορίζεται τόσο από την προέλευση του αργού πετρελαίου όσο και από τις συνθήκες υποπίεσης (10-100 mm Hg) και θερμοκρασίας (350-400°C) που επικρατούν στη στήλη απόσταξης.

Η άσφαλτος μπορεί να υποστεί περαιτέρω επεξεργασία, όπως να οξειδωθεί, να γαλακτωματοποιηθεί ή να διαλυθεί με διαλύτες. Στην πρώτη περίπτωση παράγεται η οξειδωμένη άσφαλτος, στη δεύτερη το ασφαλτικό γαλάκτωμα και στην τρίτη το

ασφαλτικό διάλυμα. Τέλος, στην ασφαλτο οδοστρωσίας μπορεί να προστεθούν διάφορα χημικά πρόσθετα (βελτιωτικά) και να παραχθεί η τροποποιημένη ασφαλτος.

2.3.4 Τύποι ασφάλτων και ταξινόμηση αυτών

Οι διάφοροι τύποι ασφάλτων που υπάρχουν στο εμπόριο μπορούν να χωρισθούν σε δύο γενικότερες κατηγορίες αναλόγως της χρήσεως αυτών: στις ασφάλτους οδοστρωσίας και στις ασφάλτους για βιομηχανική χρήση. Οι ασφαλτοι οδοστρωσίας είναι οι ασφαλτοι όπως παράγονται από την απόσταξη του υπολείμματος του αργού πετρελαίου, ενώ οι ασφαλτοι για βιομηχανική χρήση υφίστανται περαιτέρω οξείδωση.

α) Ασφαλτοι οδοστρωσίας

Οι ασφαλτοι οδοστρωσίας ταξινομούνται, στις περισσότερες χώρες όπως και στην Ελλάδα, συναρτήσει του βαθμού δεισδυτικότητας αυτών, όπου η μονάδα μέτρησης είναι το "pen" (1pen = 0.1mm). Οι συνήθεις τύποι ασφάλτων οδοστρωσίας είναι οι: 40/50pen, 60/70pen, 80/100pen, 120/150pen και 200/300pen. Η μαλακότερη ασφαλτος είναι αυτή που έχει μεγαλύτερο βαθμό δεισδυτικότητας (ή απλώς μεγαλύτερη δεισδυτικότητα) και η σκληρότερη είναι αυτή που έχει μικρότερο βαθμό δεισδυτικότητας. Το ποια ασφαλτος θα χρησιμοποιηθεί είναι συνάρτηση δύο κυρίως παραγόντων:

- του τύπου του ασφαλτομίγματος που θα παραχθεί και
- των θερμοκρασιών περιβάλλοντος που επικρατούν στο έργο.

Αναλόγως της χώρας και των αναγκών αυτής, στο ελεύθερο εμπόριο παράγονται και άλλοι τύποι ασφάλτων, κυρίως μαλακότεροι ή και σκληρότεροι των ανωτέρων.

Ο κάθε τύπος ασφάλτου, πλην της παραπάνω ιδιότητας, της δεισδυτικότητας, παρουσιάζει και άλλες χαρακτηριστικές ιδιότητες, όπως σημείο μάλθωσης, ολκιμότητα, σημείο ανάφλεξης κ.λ.π.

Στις Η.Π.Α., από το 1980 οι ασφαλτοι ταξινομούνται κυρίως συναρτήσει του ιξώδους σε μονάδες poises στους 60°C, δίχως να είναι απαγορευτική η ταξινόμηση συναρτήσει του βαθμού δεισδυτικότητας. Η αλλαγή αυτή κρίθηκε σκόπιμη, επειδή θεωρήθηκε ότι ο έλεγχος της δεισδυτικότητας είναι εμπειρικός και ακατάλληλος να καθορίσει επακριβώς τον τύπο της ασφάλτου από την πλειάδα των ασφάλτων οδοστρωσίας που υπάρχουν σήμερα στο εμπόριο. Υπάρχουν δύο σειρές τύπων ασφάλτου συναρτήσει του ιξώδους. Η μία σειρά βασίζεται στη μέτρηση του ιξώδους της "αρχικής" ασφάλτου και φέρει τα αρχικά AC ακολουθούμενα από έναν αριθμό που δηλώνει το ιξώδες, σε εκατοστά του poise. Η δεύτερη βασίζεται στη μέτρηση του ιξώδους μετά από θέρμανση της ασφάλτου για 5 ώρες στους 163°C και φέρει τα αρχικά AR ακολουθούμενα από έναν αριθμό που δηλώνει και πάλι το ιξώδες σε εκατοστά του poise.



Εικόνα 12. Διυλιστήριο ασφάλτου



Εικόνα 13. Σιλό αποθήκευσης ασφάλτου

Ιδιότητες	Τύποι Ασφάλτου Οδοστρώσις							
	20/30	40/50	50/60	60/70	80/100	120/150	180/200	220/320
Διεισδυτικότητα στους 25° C, pen	20-30	40-50	50-60	60-70	80-100	120-150	180-120	220-320
Σημείο μάλθωσης, ° C	55-69	47-60	48-58	48-56	44-53	40-48	37-43	34-39
Δείκτης διεισδυτικότητας (P.I.), από/έως	-1 /+0.7	-1/+0.7	-1/+0.7	-1/+0.7	-1/+0.7	-1/+0.7	-1/+0.7	-1/+0.7
Ολκιμότητα στους:								
25° C, cm	> 25	> 60	> 70	> 100	> 100	> 100	> 100	-
15° C, cm	-	-	-	-	-	-	-	> 100
Σημείο ανάφλεξης, ° C (ανοικ. δοχείο)	> 250	> 250	> 230	> 230	> 230	> 220	> 220	> 175
Διαλυτότητα σε διθειάνθρακα (%)	> 99.5	> 99.5	> 99.5	> 99.5	> 99.5	> 99.5	> 99.5	> 99.5
Διαλυτ/τα σε τετραχλωράνθρακα (%)	> 99.0	> 99.0	> 99.0	> 99.0	> 99.0	> 99.0	> 99.0	> 99.0
Τέφρα, % κατά βάρος	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Απώλεια βάρους μετά από θέρμανση (5h στους 163° C), (%)	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 2.0	< 2.0
Διεισδυτικότητα μετά από θέρμανση, % της αρχικής, στους 25° C	> 80	> 70	> 80	> 80	> 80	> 80	> 75	> 75
Παραφίνη, % κατά βάρος	< 2.0	< 2.0	< 2.0	< 2.0	< 2.0	< 2.0	< 2.0	< 2.0
Θερμοκρασία εφαρμογής								
- για διάχυση, ° C	-	-	-	-	150-185	135-175	135-175	135-175
- για ανάμειξη, ° C	175-200	165-180	160-185	150-175	150-165	135-165	135-165	100-135

Πίνακας 3. Τύποι και ιδιότητες ασφαλτικών οδοστρώσις σύμφωνα με τις Ελληνικές προδιαγραφές ΠΤΠ Α200

Ιδιότητες	Τύποι ασφάλτων οδοστρώσις (ταξινόμηση βάσει διεισδυτικότητας)				
	40/50	60/70	85/100	120/150	200/300
Διεισδυτικότητα στους 25°C, pen	40-50	60-70	85-100	120-150	200-300
Σημείο ανάφλεξης, °C	> 232	> 232	> 232	> 220	> 177
Ολκιμότητα στους 25° C, cm	> 100	> 100	> 100	> 100	-
Διαλυτότητα σε τριχλωροαιθυλένιο, %	> 99	> 99	> 99	> 99	> 99
Μετά από θέρμανση στους 163°C για 5 ώρες:					
- Απώλεια βάρους, %	< 0.8	< 0.8	< 1.0	< 1.3	< 1.5
- Διεισδυτικότητα, % της αρχικής	> 58	> 54	> 50	> 46	> 40
- Ολκιμότητα στους 25°C	-	> 50	> 75	> 100	> 100

Πίνακας 4. Τύποι και ιδιότητες ασφαλτικών οδοστρώσις σύμφωνα με τις Αμερικανικές προδιαγραφές AASHTO M 20-70

Ιδιότητες	Τύποι ασφάλτων οδοστρώσας									
	15pen	25pen	35pen	40pen	50pen	70pen	100pen	200pen	300pen	450pen
Διεισδυτικότητα, στους 25° C	15±5	25±5	35±7	40±10	50±10	70±10	100±10	200±30	300±45	450±65
Σημείο μάλθωσης, ° C	63-76	57-69	52-64	58-68	47-58	44-54	41-51	33-42	30-39	25-34
Μετά από θέρμανση στους 163° C για 5 h										
- Απώλεια βάρους %	< 0.1	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.5	< 0.5	< 1.0	< 1.0
- Απώλεια διεισδυτικότητας, % της αρχικής	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 25	< 25
Διαλυτότητα σε τριχλωροαιθυλένιο %	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5
Διηλεκτρική σταθερά στους 25°C και 1592 Hz	-	-	2630	2630	2630	2630	2630	-	-	-

Πίνακας 5. Τύποι και ιδιότητες ασφάλτων οδοστρώσας σύμφωνα με τις Βρετανικές προδιαγραφές BS3690:Part 1

β) Ασφαλτοι για βιομηχανική χρήση

Οι ασφαλτοι για βιομηχανική χρήση είναι κατά κανόνα οι οξειδωμένες ασφαλτοι. Η οξείδωση λαμβάνει χώρα μετά την παραγωγή της ασφάλτου και συνίσταται στην εμφύσηση αέρα δια μέσου της θερμής μάζας της ασφάλτου (θερμοκρασίες 240°C – 320°C). Η διαδικασία οξείδωσης προϋποθέτει την ύπαρξη ειδικής εγκατάστασης (στήλης οξείδωσης κλπ.) και εκτελείται ανά "παρτίδα" ασφάλτου ή σε συνεχή τροφοδοσία ασφάλτου. Η οξείδωση "αφυδατώνει" την ασφαλτο με αποτέλεσμα, κατά κύριο λόγο, να αυξάνεται το μοριακό βάρος των ασφατενίων αλλά και να δημιουργούνται επιπλέον ασφατένια από τη συνεχή φάση των ελαίων (μαλτένια), με τελικό αποτέλεσμα τη δημιουργία "ασφάλτου" με μεγαλύτερο μοριακό βάρος. Λόγω αυτών των αλλαγών που επέρχονται κατά την οξείδωση, η ασφαλτος σκληραίνει και γίνεται λιγότερο ευαίσθητη στις θερμοκρασιακές μεταβολές (αυξάνεται ο δείκτης διεισδυτικότητας P.I.). Βεβαίως, λόγω της σκλήρυνσης που επέρχεται, η οξειδωμένη ασφαλτος ρηγματώνεται ευκολότερα σε θερμοκρασίες κάτω του μηδενός.

Ο βαθμός και το μέγεθος της μεταβολής που επέρχεται επί των ρεολογικών ιδιοτήτων της ασφάλτου επηρεάζεται από:

- το ιξώδες της αρχικής ασφάλτου,
- από την προέλευση του αργού πετρελαίου,
- από το χρόνο οξείδωσης και
- από τη θερμοκρασία στην οποία γίνεται η οξείδωση.
-

Αν υποθεθεί ότι το ιξώδες της αρχικής ασφάλτου καθώς και η προέλευση του αργού πετρελαίου είναι δεδομένη, το μόνο που μένει για να παραχθεί οξειδωμένη ασφαλτος συγκεκριμένης ποιότητας είναι να αλλάξει ο χρόνος και η θερμοκρασία οξείδωσης. Κατά κανόνα, με παρατεταμένο χρόνο οξείδωσης σε συνδυασμό με

υψηλές θερμοκρασίες παράγεται ασφαλτος με μεγαλύτερο ιξώδες (πολύ σκληρές). Πλην όμως, και οι δύο παράμετροι επηρεάζουν το κόστος και την ταχύτητα παραγωγής.

Σε αντίθεση με τις ασφάλτους οδοστρώσις, οι ασφαλτοι για βιομηχανική χρήση (στέγες, δάπεδα, μαστίχες, επικαλύψεις σωληνώσεων, χρώματα κλπ.) ταξινομούνται συναρτήσει του σημείου μάλθωσης και του βαθμού διεισδυτικότητας.

2.3.4.1 Χημική σύσταση και δομή της ασφάλτου

Η ασφαλτος 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 ασφαλτος επίσης περιέχει ίχνη μετάλλων νικελίου, μαγνησίου, σιδήρου, βαναδίου και ασβεστίου με τη μορφή ανόργανων αλάτων και οξειδίων.

Παρ' όλη την πολυπλοκότητα της χημικής συνθέσεως της ασφάλτου είναι δυνατόν να διαχωρίσουμε αυτήν σε δύο ευρύτερες χημικές ομάδες και να πάρουμε έτσι χρησιμότες πληροφορίες για τις φυσικές της 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 κεκορεσμένους υδρογονάνθρακες, σε αρωματικούς υδρογονάνθρακες και σε ρητίνες.

Ο διαχωρισμός της ασφάλτου στα παραπάνω κλάσματα γίνεται με τέσσερις μεθόδους:

- 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 με όχι 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.

2.4 Ασφαλτικά διαλύματα

Τα ασφαλτικά διαλύματα είναι προϊόντα ανάμιξης ασφάλτου και διαλυτών. Λόγω

της ύπαρξης διαλυτών, όπως νάφθα, βενζίνη, φωτιστικό πετρέλαιο (κηροζίνη), ή άλλων λιγότερο πτητικών διαλυτών (έλαια), τα ασφαλικά 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 ασφαλικά διαλύματα δεν απαιτούν τόσο υψηλές θερμοκρασίες, όπως οι ασφαλτοί οδοστρωσίας, κατά την εφαρμογή τους. Η παρουσία λοιπόν των διαλυτών αντικαθιστά ένα μέρος της θερμότητας που απαιτείται για να γίνει η ασφαλτος "εργάσιμη". Μετά την ανάμιξή τους με αδρανή ή ψεκασμό αυτών επί επιφανειών, οι διαλύτες αρχίζουν να εξατμίζονται αφήνοντας μόνη την ασφαλτο να λειτουργήσει ως συνδετικό υλικό.

Τα ασφαλικά διαλύματα χρησιμοποιήθηκαν στο παρελθόν, κατά κόρο, για την παραγωγή ασφαλτομιγμάτων ανοικτού κυρίως τύπου και σε περιοχές με χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, καθώς και σε εργασίες προεπάλειψης, συγκολλητικής και ασφαλτικής επάλειψης.

Αναλόγως του χρόνου εξάτμισης του διαλύτη, που εξαρτάται από το είδος αυτού (περισσότερο ή λιγότερο πτητικοί), τα διαλύματα διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- σε διαλύματα βραδείας (BE),
- μέσης (ME),
- ή ταχείας (TE) εξάτμισης.

Τα διαλύματα μέσης εξάτμισης είναι αυτά που συνήθως χρησιμοποιούνται στην οδοποιία. Για την παραγωγή των ασφαλικών διαλυμάτων μέσης εξάτμισης (ME), χρησιμοποιείται ασφαλτος, συνήθως, τύπου 80/100pen ή 180/200pen και φωτιστικό πετρέλαιο σε διάφορες αναλογίες έτσι ώστε να επιτευχθεί διάλυμα συγκεκριμένου ιξώδους. Τα ασφαλικά διαλύματα ανεξαρτήτως ρυθμού εξάτμισης ταξινομούνται συναρτήσει του ιξώδους αυτών. Στην Ελλάδα τα ασφαλικά διαλύματα ME κατατάσσονται σε πέντε κατηγορίες αναλόγως του πεδίου εφαρμογής τους.

Θα πρέπει να τονισθεί ιδιαίτερα ότι τα ασφαλικά διαλύματα είναι ενεργειακά ασύμφορα και περιβαλλοντικά επιβλαβή. Κατά την παραγωγή τους χρησιμοποιείται διαλύτης ο οποίος εξατμίζεται στο περιβάλλον μετά την ανάμιξη του διαλύματος με αδρανή ή τον ψεκασμό αυτού στην επιφάνεια του οδοστρώματος. Με την εξάτμιση του διαλύτη σπαταλάται ενέργεια και επιδεινώνεται η ατμοσφαιρική ρύπανση.

Με βάση τα παραπάνω, τα τελευταία δεκαπέντε περίπου χρόνια, η χρήση των ασφαλικών διαλυμάτων σε πολλές χώρες του εξωτερικού άρχισε να περιορίζεται ή ακόμη και να απαγορεύεται. Στην Ελλάδα, μετά από μία σειρά εγγράφων και εγκυκλίων, συνιστάται η πλήρης αντικατάσταση των διαλυμάτων με ασφαλικά γαλακτώματα στις εργασίες προεπάλειψης, συγκολλητικής και ασφαλτικής επάλειψης. Σήμερα, τα ασφαλικά διαλύματα χρησιμοποιούνται από λίγες μόνο χώρες, κυρίως χώρες με χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, ή επιλεκτικά σε περιορισμένη κλίμακα, για την παραγωγή ασφαλτομιγμάτων πλήρωσης λάκκων ή τύπου Macadam ή για ασφαλικές επαλείψεις.

2.5 Ασφαλτικά γαλακτώματα

Τα ασφαλτικά γαλακτώματα είναι προϊόντα γαλακτωματοποίησης της ασφάλτου με νερό. Το νερό είναι η συνεχής ή εσωτερική φάση και η ασφάλτος η ασυνεχής ή εξωτερική φάση. Ανάλογα με την επιφανειακή φόρτιση των σωματιδίων, τα ασφαλτικά γαλακτώματα χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- τα κατιονικά (ή όξινα), όπου τα σωματίδια είναι φορτισμένα θετικά και
- τα ανιονικά (ή αλκαλικά), όπου τα σωματίδια της ασφάλτου είναι φορτισμένα αρνητικά.

Η ονομασία κατιονικά προέρχεται από το γεγονός ότι τα φορτισμένα με θετικό επιφανειακό φορτίο σωματίδια της ασφάλτου, όταν διέλθει ηλεκτρικό ρεύμα, οδεύουν και επικάθονται στην κάθοδο. Αντίστοιχη είναι η ονομασία των ανιονικών όπου τα αρνητικά φορτισμένα σωματίδια της ασφάλτου οδεύουν και επικάθονται στην άνοδο. Η εναλλακτική ονομασία όξινα ή αλκαλικά προέρχεται από το γεγονός ότι τα σωματίδια της ασφάλτου βρίσκονται σε αιώρηση σε όξινο ή αλκαλικό υδατικό περιβάλλον. Βεβαίως υπάρχουν και τα μη-ιονικά ασφαλτικά γαλακτώματα, όπου τα σωματίδια της ασφάλτου βρίσκονται σε αιώρηση σε ουδέτερο υδατικό περιβάλλον (pH περίπου 7). Τα γαλακτώματα αυτά δε χρησιμοποιούνται στην οδοποιία, πλην όμως η χρήση τους μπορεί να είναι πιο ευρεία καθώς βελτιώνεται η τεχνολογία των γαλακτωμάτων.

Σήμερα, τόσο διεθνώς όσο και στην Ελλάδα, τα ασφαλτικά γαλακτώματα χρησιμοποιούνται σε όλο το φάσμα των έργων οδοποιίας, όπως: παραγωγή ψυχρών ασφαλικών μιγμάτων παντός τύπου σε μόνιμη ή αυτοκινούμενη μονάδα παραγωγής, ασφαλικές επαλείψεις, συγκολλητικές επαλείψεις, προεπάλειψη, εμποτισμό σκυρωτών, ψυχρά ασφαλτομίγματα με δυνατότητα αποθήκευσης για πλήρωση λάκκων, πλήρωση επιφανειακών ρωγμών οδοστρωμάτων, σταθεροποίηση πρανών κλπ.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονισθεί ότι η χρήση των ασφαλικών γαλακτωμάτων στην Ελλάδα σε σύγκριση με άλλες χώρες του εξωτερικού, λαμβανομένων υπόψη των πλεονεκτημάτων που έχουν ιδιαίτερα σε ορισμένες εφαρμογές, υπολείπεται κατά πολύ σε αναλογία χρήσης της ασφάλτου σε έργα οδοποιίας. Τα ασφαλτικά γαλακτώματα συγκρινόμενα με τα ασφαλτικά διαλύματα αλλά και με την ασφάλτο έχουν τα εξής βασικά πλεονεκτήματα:

- είναι από άποψη δαπάνης ενέργειας ή εξοικονόμησης αυτής συμφερότερα
- συμβάλλουν στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης
- καθιστούν τις ασφαλικές εργασίες ασφαλέστερες
- έχουν τη δυνατότητα να επικαλύπτουν, επιτυχώς, με ασφάλτο υγρά αδρανή ή υγρές επιφάνειες
- επιταχύνουν την πρόοδο των εργασιών και βελτιώνουν την παραγωγικότητα του συνεργείου κατασκευής
- αποτρέπουν ορισμένες κατασκευαστικές αστοχίες όπως ολίσθηση ταπήτων, ανάδυση ασφάλτου και περαιτέρω οξειδωση της ασφάλτου από παρατεταμένη θέρμανση αυτής, και

- επιφέρουν καλύτερα αποτελέσματα στις εργασίες συγκολλητικής και προεπάλειψης.

Τα παραπάνω πλεονεκτήματα απορρέουν από το γεγονός ότι λόγω του πολύ χαμηλού ιξώδους σε σύγκριση με την ασφαλτο αλλά και τα ασφαλικά διαλύματα, η χρήση των γαλακτωμάτων δεν προϋποθέτει τη χρήση θερμότητας σε κανένα στάδιο εφαρμογής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι ασφαλτικές εργασίες να είναι ασφαλέστερες αλλά και να συνεχίζονται και με χαμηλότερες περιβαλλοντικές θερμοκρασίες από αυτές που απαιτούνται για τα θερμά ασφαλτομίγματα. Επίσης, το χαμηλό ιξώδες επιτυγχάνεται με την προσθήκη νερού και όχι διαλύτη. Έτσι εξατμίζεται νερό και όχι υλικό υψηλής θερμικής ενέργειας και συναλλαγματικής αξίας. Επίσης, η εξάτμιση ύδατος δεν επιβαρύνει την ατμοσφαιρική ρύπανση, σε αντίθεση με τους διαλύτες. Τέλος, οι γαλακτωματοποιητές για την παραγωγή κατιονικών γαλακτωμάτων έχουν από τη φύση τους συγκολλητικές ιδιότητες οι οποίες προστιθέμενες σε αυτήν της ασφάλτου αυξάνουν περαιτέρω τη συγκολλητική ικανότητα αυτής.

2.5.1 Ταξινόμηση και τύποι γαλακτωμάτων

Τα ασφαλικά γαλακτώματα, εκτός της βασικής ταξινόμησης με βάση το είδος της επιφανειακής φόρτισης των σωματιδίων της ασφάλτου (ανιονικά ή κατιονικά), διακρίνονται και σε τρεις άλλες κατηγορίες αναλόγως του ρυθμού διάσπασης. Οι τρεις κατηγορίες είναι τα:

- βραδείας,
- μέσης και
- ταχείας διάσπασης γαλακτώματα.

Οι Βρετανικές προδιαγραφές έχουν και μία τέταρτη κατηγορία, της πολύ βραδείας διάσπασης, αλλά μόνο για ανιονικά γαλακτώματα, η οποία πρακτικά σήμερα δε χρησιμοποιείται. Τα γαλακτώματα αυτά είναι κατάλληλα για μίγματα αδρανών με μεγάλη επιφάνεια αντίδρασης (μεγάλο ποσοστό λεπτόκοκκων) όπως τα μίγματα Slurry Seal, Τύπου Ι. Επίσης τα γαλακτώματα χαρακτηρίζονται από το ποσοστό ασφάλτου που περιέχουν, από το ιξώδες αυτών και από τη σκληρότητα της ασφάλτου.

Το κάθε γαλακτώμα, αναλόγως του τύπου αυτού, θα πρέπει να πληρεί και άλλες ιδιότητες όπως ιξώδες, καθίζηση, διαστάσεις σωματιδίων ασφάλτου, καλυπτικότητα κλπ., έτσι ώστε να μπορούν να καλύψουν κατάλληλα τα αδρανή, να αποθηκεύονται δίχως να διασπώνται, και να έχουν την κατάλληλη ποιότητα και περιεκτικότητα σε ασφαλτο. Επίσης, έλεγχοι, όπως δεισδυτικότητας, μάλθωσης και διαλυτότητας του συνδετικού υλικού, πρέπει να γίνονται και επί του υπολείμματος .

Στην Ελλάδα τα ασφαλικά γαλακτώματα προδιαγράφονται από την ΠΤΠ Α-202, για ανιονικού τύπου, και από την ΠΤΠ Α-203, για κατιονικού τύπου. Η ταξινόμηση των ασφαλικών γαλακτωμάτων στην Ελλάδα γίνεται με τα γράμματα ΑΕ για ανιονικά και ΚΕ για κατιονικά γαλακτώματα αντίστοιχα. Ο αριθμός που ακολουθεί στην ταξινόμηση των γαλακτωμάτων κατά τις ελληνικές προδιαγραφές δηλώνει τόσο το

βαθμό διάσπασης αυτών όσο και τις περιοχές εφαρμογής και την περιεκτικότητα σε άσφαλτο. Οι αριθμοί είναι από 1 έως 5, με το 1 να δηλώνει γαλάκτωμα ταχείας διάσπασης και το 5 γαλάκτωμα βραδείας διάσπασης.

2.5.2 Χρήσεις των γαλακτώματων

Το πού εφαρμόζονται τα ταχείας ή μέσης ή βραδείας διάσπασης γαλακτώματα είναι κυρίως συνάρτηση του μίγματος των αδρανών που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί και ειδικότερα της σχετικής επιφάνειας των αδρανών. Κατά κανόνα, με ανοικτού τύπου μίγματα αδρανών (μικρή σχετική επιφάνεια αδρανών) χρησιμοποιούνται ταχείας διάσπασης γαλακτώματα. Αντίστοιχα, με κλειστού τύπου μίγματα αδρανών (μεγάλη σχετική επιφάνεια αδρανών) χρησιμοποιούνται τα βραδείας διάσπασης γαλακτώματα. Για ενδιάμεσα μίγματα, όπως ημίκλειστου τύπου, χρησιμοποιούνται τα μέσης διάσπασης γαλακτώματα, δίχως ο διαχωρισμός αυτός να είναι απόλυτος. Για άλλες εργασίες, όπως η συγκολλητική, χρησιμοποιούνται τα μέσης ή βραδείας διάσπασης γαλακτώματα, ενώ για προεπάλειψη τα βραδείας διάσπασης μόνο. Θα πρέπει να τονισθεί ότι ειδικότερα για τις εργασίες συγκολλητικής ο χρόνος διάσπασης όλων των κατιονικών γαλακτωμάτων ανεξαρτήτως ρυθμού διάσπασης διαφέρει μεταξύ ολίγων λεπτών και είναι σε όλες τις περιπτώσεις περίπου 5-15 λεπτά. Στις εργασίες ιδιαίτερα της προεπάλειψης επιζητείται ο μέγιστος δυνατός χρόνος διάσπασης έτσι ώστε το ασφαλτικό γαλάκτωμα να μπορέσει να διεισδύσει σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο βάθος.

2.5.4 Ιδιότητες ασφαλτικού γαλακτώματος

Το παραχθέν ασφαλτικό γαλάκτωμα θα πρέπει να είναι "σταθερό" ώστε να μπορεί να αποθηκευθεί για κάποιο χρονικό διάστημα αλλά και να μεταφερθεί στο έργο δίχως να διασπασθεί. Επίσης, θα πρέπει να έχει το κατάλληλο ιξώδες ώστε να μπορεί να ψεκασθεί σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος και δίχως ιδιαίτερη θέρμανση. Τέλος, θα πρέπει να επικολλάται καλά επί των αδρανών και να διασπάται με τον επιθυμητό ρυθμό διάσπασης. Είναι φανερό ότι ορισμένες από τις ιδιότητες του γαλακτώματος όπως "ευστάθεια" και "διάσπαση" αυτών φαίνονται να είναι σε αντίθεση. Ουσιαστικά έτσι είναι, μόνο που οι δύο προαναφερθείσες ιδιότητες απαιτούνται σε διαφορετικά στάδια χρήσης του γαλακτώματος. Η πρώτη ιδιότητα απαιτείται κατά την αποθήκευση ενώ η δεύτερη κατά την εφαρμογή αυτού.

α) Αποθηκευτική ευστάθεια γαλακτώματος

Η αποθηκευτική ευστάθεια του γαλακτώματος είναι ουσιαστικής σημασίας διότι αλλιώς το παραχθέν και αποθηκευμένο γαλάκτωμα δε θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ικανοποιητικά ή θα ήταν τελείως ακατάλληλο προς χρήση. Η αποθηκευτική ευστάθεια του γαλακτώματος επηρεάζεται κυρίως από το μέγεθος των σφαιριδίων της ασφάλτου που βρίσκονται σε αιώρηση στην υδάτινη φάση αλλά και από την κατανομή μεγέθους των σφαιριδίων. Όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος των σφαιριδίων τόσο μεγαλύτερο είναι το ίδιο βάρος τους με αποτέλεσμα τα σφαιρίδια να μην μπορούν να κρατηθούν σε αιώρηση και να αρχίζουν να καθιζάνουν και να συσσωρεύονται στον πυθμένα της δεξαμενής ή του βαρελιού. Όσο πιο

ανομοιόμορφη είναι η κατανομή μεγέθους των σφαιριδίων τόσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα καθίζησης (μικρότερη πυκνότητα σωματιδίων). Κατά την πτώση τους τα σωματίδια αυτά πιθανόν να παρασύρουν στον πυθμένα και άλλα σωματίδια με αποτέλεσμα να επέλθει μεγαλύτερη συσσώρευση όγκου σφαιριδίων. Έτσι, δημιουργείται μια περιοχή, η κατώτερη, πλούσια σε άσφαλο και μια περιοχή, η ανώτερη, φτωχή σε άσφαλο. Στο στάδιο αυτό μία απλή ανάδευση επαναφέρει το σύστημα στην αρχική του μορφή. Έτσι, μπορεί να ειπωθεί ότι το φαινόμενο της συσσώρευσης είναι αναστρέψιμο. Με την περαιτέρω συσσώρευση των ασφαλτικών σφαιριδίων στον πυθμένα και λόγω τόσο του ίδιου βάρους του σχηματισμένου "σωρού" των σφαιριδίων όσο και των υπερκείμενων υδροστατικών πιέσεων επέρχεται συγκόλληση και συγχώνευση αυτών σε μία ενιαία ασφαλτική μάζα. Το φαινόμενο της συγκόλλησης και συγχώνευσης είναι μη αναστρέψιμο. Η περιεκτικότητα του γαλακτώματος σε άσφαλο έχει μειωθεί δραστικά δεδομένου ότι αυτή μετά από κάποιο χρονικό διάστημα βρίσκεται, πιθανότατα σχεδόν στο σύνολό της, συγκολλημένη στον πυθμένα του βαρελιού ή της δεξαμενής. Στην περίπτωση αυτή το γαλάκτωμα είναι ακατάλληλο για χρήση.

Η αποθηκευτική ευστάθεια του γαλακτώματος μπορεί επίσης να επηρεασθεί από το ιξώδες του γαλακτώματος, από το ειδικό βάρος της ασφάλτου και από την περιεκτικότητα του γαλακτώματος σε γαλακτωματοποιητή.

Γαλακτώματα με μικρό σχετικά ιξώδες και γαλακτώματα που παράχθηκαν από άσφαλο με μεγάλο σχετικά ειδικό βάρος είναι περισσότερο επιρρεπή σε καθίζηση από αυτά με υψηλό ιξώδες και με άσφαλο μικρότερου ειδικού βάρους. Η παρουσία μεγαλύτερης ποσότητας γαλακτωματοποιητή στο σύστημα επιβραδύνει το ρυθμό καθίζησης. Πλην όμως, δε θα πρέπει να προτιμάται ως λύση διότι αφενός ο γαλακτωματοποιητής είναι το ακριβότερο συστατικό του γαλακτώματος και αφετέρου θα επιφέρει και άλλες επιπτώσεις, κυρίως αύξηση του χρόνου διάσπασης του γαλακτώματος.

Κατά την αποθήκευση ή μεταφορά των γαλακτωμάτων δε θα πρέπει να παραβλέπεται η καθαρότητα των δεξαμενών ή βαρελιών. Σε περίπτωση ύπαρξης καταλοίπων ή ξένων στερεών σωματιδίων είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα επηρεάσουν την ευστάθεια και τη γενικότερη συμπεριφορά αυτού. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να ειπωθεί ότι ανεξάρτητα της καθαρότητας του αποθηκευτικού χώρου, το γαλάκτωμα δε θα πρέπει να εκτίθεται για μεγάλο χρονικό διάστημα στον αέρα του περιβάλλοντος. Και αυτό διότι λόγω της μερικής εξάτμιση του ύδατος στην επιφάνεια αλλά και της επαφής με το οξυγόνο της ατμόσφαιρας επέρχεται επιφανειακή διάσπαση αυτού. Η επιφανειακή διάσπαση εμφανίζεται με τη δημιουργία "κρούστας" ασφάλτου. Για το λόγο αυτό τα βαρέλια ή δεξαμενές θα πρέπει να είναι ερμητικά κλεισμένα και αν είναι δυνατό πλήρως γεμισμένα. Η τοποθέτηση επίσης των βαρελιών ή των δεξαμενών είναι προτιμότερο να είναι κατά την κάθετη διεύθυνση.

β) Ιξώδες γαλακτώματος

Τα ασφαλτικά γαλακτώματα χρησιμοποιούνται σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος και συνεπώς μια ουσιαστική μεταβολή στο ιξώδες αυτών πιθανόν να επιφέρει αρνητικά αποτελέσματα ή απαίτηση για μερική θέρμανση τους. Το ιξώδες του

γαλακτώματος επηρεάζει κυρίως την ικανότητά του να ψεκάζεται επιτυχώς σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος αλλά και να επικαλύπτει επιτυχώς τα αδρανή με άσφαλο καθώς και την εργασιμότητα του ψυχρού ασφαλτομίγματος στο στάδιο της ανάμιξης και της συμπύκνωσης.

Το ιξώδες του γαλακτώματος μεταβάλλεται κυρίως με την αυξομείωση της περιεκτικότητας αυτού σε άσφαλο. Καθώς αυξάνει η περιεκτικότητα της ασφάλτου στο γαλάκτωμα, αυξάνει και το ιξώδες αυτού. Πτώση της θερμοκρασίας αυξάνει το ιξώδες του γαλακτώματος. Η αύξηση αυτή είναι περισσότερο αισθητή στα γαλακτώματα με περιεκτικότητα ασφάλτου πάνω από 65%. Το ιξώδες του γαλακτώματος επηρεάζεται επίσης από το ιξώδες της ασφάλτου κατά τη γαλακτωματοποίηση, την οξύτητα του υδατικού διαλύματος και την περιεκτικότητα σε γαλακτωματοποιητή. Όταν μειωθεί το ιξώδες της ασφάλτου που εισέρχεται στον κολλοειδή μύλο η μέση διάμετρος των σωματιδίων μειώνεται και το ιξώδες του γαλακτώματος ελαφρώς αυξάνεται. Επίσης σχετική αύξηση του ιξώδους παρατηρείται όταν μειώνεται η οξύτητα του υδατικού διαλύματος και αυξάνεται η περιεκτικότητα του γαλακτωματοποιητή.

γ) Συγκολλητικότητα γαλακτώματος / ασφάλτου

Σε όλες τις περιπτώσεις που χρησιμοποιείται άσφαλος, η ανάγκη καλής συγκόλλησης αυτής με την επιφάνεια των αδρανών είναι πρωτίστης σημασίας. Στα γαλακτώματα με την έναρξη της διάσπασης αρχίζει η εναπόθεση της ασφάλτου πάνω στα αδρανή, η πρόσφυση της οποίας είναι δεδομένη διότι οι γαλακτωματοποιητές που χρησιμοποιούνται είναι στο σύνολό τους αντιυδρόφιλα υλικά. Εδώ θα πρέπει να αναφερθεί ότι ιδιαίτερα τα κατιονικά γαλακτώματα, λόγω της φύσεως του γαλακτωματοποιητή (αμίνες ή πολυαμίνες) και του ισχυρότερου δεσμού που αναπτύσσεται, προσφύονται ισχυρότερα από τα ανιονικά γαλακτώματα. Επίσης, λόγω του γεγονότος ότι τα κατιονικά γαλακτώματα αποβάλλουν γρηγορότερα το νερό, η συνεκτικότητα τόσο μεταξύ της ασφάλτου και των αδρανών όσο και του ασφαλτομίγματος αναπτύσσεται πολύ πιο γρήγορα. Βεβαίως η συνεκτικότητα του μίγματος επηρεάζεται πάρα πολύ από την ομοιόμορφη κάλυψη των αδρανών με άσφαλο η οποία συσχετίζεται με το ρυθμό διάσπασης του γαλακτώματος.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκολλητικότητα του γαλακτώματος και κατ' επέκταση της ασφάλτου με τα αδρανή είναι:

- ο τύπος και η ποσότητα του γαλακτωματοποιητή
- η ποιότητα και ο τύπος της ασφάλτου
- το pH του υδατικού διαλύματος του γαλακτωματοποιητή και
- ο τύπος των αδρανών.

Επαρκής ποσότητα του επιλεγέντος γαλακτωματοποιητή πρέπει να εμπεριέχεται στο γαλάκτωμα έτσι ώστε να υπάρχει ο απαιτούμενος και επαρκής αριθμός ελεύθερων μορίων γαλακτωματοποιητή. Όσον αφορά την επίδραση της ποιότητας των αδρανών στη συγκολλητικότητα του γαλακτώματος / ασφάλτου, θα πρέπει να ειπωθεί ότι τα κατιονικά γαλακτώματα προσφύονται άριστα με όλα τα αδρανή κατάλληλα για ασφαλτομίγματα σε αντίθεση με τα ανιονικά γαλακτώματα τα οποία, ανεξαρτήτως της σχετικής βραδύτητας ανάπτυξης του δεσμού, προσφύονται ικανοποιητικότερα σε

ασβεστολιθικά αδρανή μόνο.

δ) Ρυθμός διάσπασης γαλακτώματος

Ο ρυθμός διάσπασης του γαλακτώματος είναι ένας από τους σοβαρότερους παράγοντες για την καλή συμπεριφορά του γαλακτώματος και την επιτυχία της κατασκευής. Θα πρέπει να είναι τέτοιος ώστε, στην περίπτωση παραγωγής ψυχρών ασφαλτομιγμάτων, να παρέχει τον απαιτούμενο χρόνο για την ομοιόμορφη και πλήρη διασπορά της ασφάλτου στην επιφάνεια των αδρανών και παράλληλα να επιταχύνει τη γρήγορη ανάπτυξη της συνεκτικότητας του μίγματος, ώστε να δύναται να δοθεί στη κυκλοφορία όσο το δυνατόν συντομότερα. Το αιτούμενο, φαινομενικά είναι δύσκολο, πλην όμως στην πράξη είναι δυνατόν να επιτευχθεί.

Ο ρυθμός διάσπασης του γαλακτώματος εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες:

- τη σύνθεση του γαλακτώματος,
- το ρυθμό εξάτμισης του ύδατος - κλιματολογικές συνθήκες,
- την απορροφητικότητα των αδρανών,
- τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά των αδρανών, και
- την παρενόχληση του συστήματος γαλάκτωμα / αδρανή κατά τη διάρκεια της ανάμιξης του ασφαλτομίγματος και τη διάσπρωση του τάπητα.

Ο ρυθμός εξάτμισης του ύδατος επιδρά άμεσα στο ρυθμό διάσπασης του γαλακτώματος. Επειδή ο ρυθμός εξάτμισης συνδυάζεται με τις κλιματολογικές συνθήκες, ο ρυθμός διάσπασης του γαλακτώματος αυξάνεται όταν:

- η θερμοκρασία περιβάλλοντος αυξάνεται
- όταν αυξάνεται η ένταση του ανέμου ή
- όταν μειώνεται η σχετική υγρασία του περιβάλλοντος.

Έτσι, θα πρέπει το γαλάκτωμα που χρησιμοποιείται να είναι όσο το δυνατόν λιγότερο ευαίσθητο στους παραπάνω παράγοντες. Τα κατιονικά γαλακτώματα φαίνεται να είναι περισσότερο ευαίσθητα στις παραπάνω μεταβολές.

Η απορροφητικότητα των αδρανών συσχετίζεται με την απώλεια ύδατος από το γαλάκτωμα. Έτσι, για το ίδιο γαλάκτωμα, όταν χρησιμοποιούνται πορώδη αδρανή ο ρυθμός διάσπασης του γαλακτώματος αναμένεται να είναι ταχύτερος. Τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά των αδρανών που επηρεάζουν το ρυθμό διάσπασης είναι:

- η κοκκομετρική διαβάθμιση
- ο μέγιστος κόκκος του μίγματος των αδρανών (σχετική επιφάνεια αδρανών)
- το ποσοστό και είδος του φίλλερ
- η σχετική υγρασία
- η υφή της επιφάνειας και
- το είδος του μητρικού πετρώματος.

Αύξηση της σχετικής υγρασίας των αδρανών επιβραδύνει το ρυθμό διάσπασης του γαλακτώματος. Σχεδόν πάντοτε, ακόμη και με τη χρήση γαλακτωμάτων βραδείας διάσπασης, η διαβροχή των αδρανών με μικρή ποσότητα ύδατος (1-3% περίπου)

επιβάλλεται. Η διαβροχή των αδρανών έχει ως αποτέλεσμα να ουδετεροποιούνται κατά ένα βαθμό τα επιφανειακά ιόντα του πετρώματος με αποτέλεσμα να αποφεύγεται η βίαιη διάσπαση του γαλακτώματος που οδηγεί μετά βεβαιότητας στην ανομοιόμορφη διασπορά της ασφάλτου στο μίγμα.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι ο ρυθμός διάσπασης του γαλακτώματος μπορεί να τροποποιηθεί και από επιπρόσθετες χημικές ουσίες. Στην περίπτωση των ασφαλικών επαλείψεων ο ρυθμός διάσπασης του γαλακτώματος επιταχύνεται με τον ψεκασμό, επί της ήδη ψεκασμένης επιφάνειας με γαλάκτωμα και λίγο πριν τη διασπορά των αδρανών, ειδικής χημικής ουσίας. Οι ουσίες αυτές έχουν συνήθως διπλό ρόλο. Να επιταχύνουν τη διάσπαση του γαλακτώματος και να βελτιώσουν περαιτέρω την πρόσφυση ασφάλτου και αδρανών.

2.6 Αντιυδρόφιλα υλικά

Τα αντιυδρόφιλα υλικά είναι κυρίως οργανικές ενώσεις που χρησιμοποιούνται για να βελτιώσουν την πρόσφυση της ασφάλτου στην επιφάνεια των αδρανών, μειώνοντας έτσι ή εξαλείφοντας τον κίνδυνο "αποφλοίωσης" της ασφάλτου από την επιφάνεια των αδρανών. Η χρήση των αντιυδρόφιλων υλικών βρίσκει σήμερα εφαρμογή τόσο στις ασφαλικές επαλείψεις, όπου υπάρχει απαίτηση για άριστη και διαρκή πρόσφυση, όσο και στα θερμά ασφαλτομίγματα, όπου υπάρχει απαίτηση διατήρησης της ευστάθειας του ασφαλτομίγματος. Και στις δύο περιπτώσεις βελτιώνεται η πρόσφυση ασφάλτου-αδρανών και αυξάνεται η αντίσταση του μίγματος στην καταστρεπτική επίδραση του ύδατος, στην περίπτωση που είχαν χρησιμοποιηθεί υδρόφιλα αδρανή. Κατά συνέπεια, διατηρείται ή βελτιώνεται η συνοχή και η ευστάθεια αυτού στην περίπτωση που εμφανισθεί νερό στο σύστημα άσφαλτος / αδρανή.

2.6.1 Τύποι αντιυδρόφιλων υλικών

Τα αντιυδρόφιλα υλικά είναι χημικές ουσίες όμοιας σύνθεσης με αυτά των γαλακτωματοποιητών που προαναφέρθηκαν και χωρίζονται σε:

- ανιονικού τύπου όπως οργανικά οξέα (κρεόζωτο), λιπαρά οξέα (ελαϊκό οξύ, στεαρικό οξύ, ρητινόπισσα κλπ) και
- κατιονικού τύπου όπως αμίνες (απλές αμίνες, διαμίνες, τριτογενείς αμίνες, πολυαμίνες-ιμιδαζολίνες) και άλατα τεταρτογενούς αμμωνίου.

Τα οργανικά οξέα συνήθως χρησιμοποιούνται με αδρανή που φέρουν στην επιφάνειά τους θετικό ηλεκτροστατικό φορτίο όπως ασβεστόλιθοι, δολομίτες λατερίτες κλπ. Τα λιπαρά οξέα χρησιμοποιούνται συνήθως με αδρανή που δεν είναι ηλεκτροστατικά φορτισμένα, ασβεστοπυριτικά, όπως χαλαζίτης, λαπαρίτης ή ρυόλιθος κλπ. Ενώ, τέλος, όλα τα κατιονικού τύπου αντιυδρόφιλα υλικά χρησιμοποιούνται με αδρανή που είναι φορτισμένα αρνητικά όπως τα περισσότερα πυριτικά πετρώματα.

Η διαδικασία λειτουργίας των αντιυδρόφιλων υλικών είναι όπως και στους

γαλακτωματοποιητές, δηλαδή το υδρόφοβο μέρος των μορίων των αντιυδρόφιλων διαλύεται στην ασφαλτο και το ηλεκτροστατικά φορτισμένο άκρο σχηματίζει ισχυρό δεσμό με την επιφάνεια του αδρανούς.

2.6.2 Εφαρμογές και τρόποι χρήσης

α) Σε ασφαλτικές επαλείψεις

Όπως προαναφέρθηκε, τα αντιυδρόφιλα υλικά χρησιμοποιούνται στις ασφαλτικές επαλείψεις. Η προσθήκη αυτών μπορεί να γίνει με έναν από τους παρακάτω τρόπους:

- να διαλυθούν (σε πισσέλαιο) και κατόπιν να αναμιχθούν με τα αδρανή πριν τη διάστρωση
- να διαλυθούν σε πισσέλαιο και να ψεκασθούν πάνω στην ψεκασμένη με ασφαλτο επιφάνεια που είναι έτοιμη να δεχθεί τα αδρανή
- να διαλυθούν στην ασφαλτο λίγο πριν τον ψεκασμό.

Ο πρώτος τρόπος είναι αρκετά χρονοβόρος και σπάνια χρησιμοποιείται. Με το δεύτερο τρόπο μειώνεται αισθητά το ιξώδες του ασφαλτικού υμένα που ψεκάσθηκε και καθυστερεί η ανάπτυξη του δεσμού. Έτσι δεν αναπτύσσεται γρήγορα η πρόσφυση και συνοχή ασφάλτου και αδρανούς. Ο τρίτος τρόπος έχει το πλεονέκτημα έναντι των άλλων ότι επιτυγχάνεται καλή πρόσφυση όχι μόνο μεταξύ των αδρανών αλλά και με την παλαιά επιφάνεια και έχει καθιερωθεί λόγω των θετικότερων αποτελεσμάτων που παρατηρήθηκαν. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να εξακριβώνεται με δοκιμές ο απαιτούμενος χρόνος για βέλτιστη ανάμιξη. Ο χρόνος αυτός εξαρτάται τόσο από τη μορφή του αντιυδρόφιλου υλικού (στερεού ή υγρού) όσο και από τον τύπο του.

Ένα βασικό στοιχείο που θα πρέπει να ελέγχεται είναι ο καθορισμός της αναγκαίας ποσότητας που θα χρησιμοποιηθεί. Η ποσότητα αυτή εξαρτάται από:

- το είδος του αντιυδρόφιλου υλικού,
- το είδος, την υφή, το πορώδες και το σχήμα του αδρανούς,
- την ηλεκτροχημική σύσταση, το ιξώδες και την επιφανειακή τάση της ασφάλτου και
- τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

β) Σε ασφαλτομίγματα

Αντιυδρόφιλα υλικά χρησιμοποιούνται και στην παραγωγή θερμών ασφαλτομιγμάτων για να διατηρηθεί, κυρίως, ή να βελτιωθεί η πρόσφυση μεταξύ ασφάλτου και υδρόφιλων αδρανών παρουσία ύδατος. Έτσι διατηρείται η συνοχή και η ευστάθεια του συμπυκνωμένου ασφαλτομίγματος όταν ο τάπητας διαβραχεί. Το αντιυδρόφιλο υλικό προστίθεται στην ασφαλτο λίγο πριν την ανάμιξη αυτής με τα αδρανή για την παραγωγή του ασφαλτομίγματος. Η προσθήκη του αντιυδρόφιλου υλικού λίγο πριν την ανάμιξη γίνεται διότι, συνήθως, τα περισσότερα αντιυδρόφιλα υλικά δεν είναι "σταθερά" και διασπώνται όταν βρίσκονται σε περιβάλλον υψηλών θερμοκρασιών για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Ασφαλτομίγματα με αντιυδρόφιλα, πλην της διατήρησης της ευστάθειάς τους

παρουσία νερού, βρέθηκε ότι έχουν καλύτερη συμπεριφορά στη γήρανση της ασφάλτου. Επίσης, ορισμένα αντιυδρόφιλα μειώνουν την ευαισθησία της ασφάλτου στις θερμοκρασιακές μεταβολές.

Όπως και στις επαλείψεις ασφαλτικών στρώσεων, η δραστηριότητα ή η βέλτιστη καταλληλότητα του κάθε αντιυδρόφιλου διαφέρει από αδρανές σε αδρανές και από ασφαλτο σε ασφαλτο. Το σύστημα αντιυδρόφιλο – ασφαλτος - αδρανές θα πρέπει συστηματικά να ελέγχεται για να διασφαλισθεί η βέλτιστη χρήση του αντιυδρόφιλου υλικού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : ΦΘΟΡΕΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Κάθε νέο οδόστρωμα, από τη στιγμή που δίνεται στην κυκλοφορία, αρχίζει να υπόκειται στην καταστροφική επίδραση διαφόρων εξωτερικών παραγόντων όπως των οχημάτων, των καιρικών συνθηκών, της ηλιακής ακτινοβολίας, κλπ. Παράλληλα, αρχίζει και μια σταδιακή επιδείνωση της ποιότητας του οδοστρώματος η οποία οφείλεται κυρίως στη γήρανση και κόπωση των υλικών που το συνθέτουν. Οι παραπάνω παράγοντες σε συνδυασμό με την ορθότητα/ αξιοπιστία της μελέτης, την καταλληλότητα των υλικών και την ποιότητα της κατασκευής είναι οι μοναδικές αιτίες για την εμφάνιση, αργά ή γρήγορα, των επιφανειακών φθορών, της κόπωσης και τέλος της αποσύνθεσης του οδοστρώματος.

Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τη συμπεριφορά ή καλύτερα την "απόδοση" του οδοστρώματος είναι:

- η ποιότητα της κατασκευής
- η καταλληλότητα των χρησιμοποιηθέντων υλικών
- ο κυκλοφοριακός φόρτος
- οι συνθήκες του περιβάλλοντος και
- η ορθότητα της μελέτης διαστασιολόγησης του οδοστρώματος.

Αν η συμπεριφορά εκφραστεί σε επίπεδο εξυπηρέτησης τότε η επίδραση της καλής ή μη καλής κατασκευής φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Ένα κακώς κατασκευασμένο οδόστρωμα θα έχει σημαντικά μικρότερη διάρκεια ζωής από αυτό που κατασκευάστηκε σύμφωνα με όλες τις προβλεπόμενες προδιαγραφές.

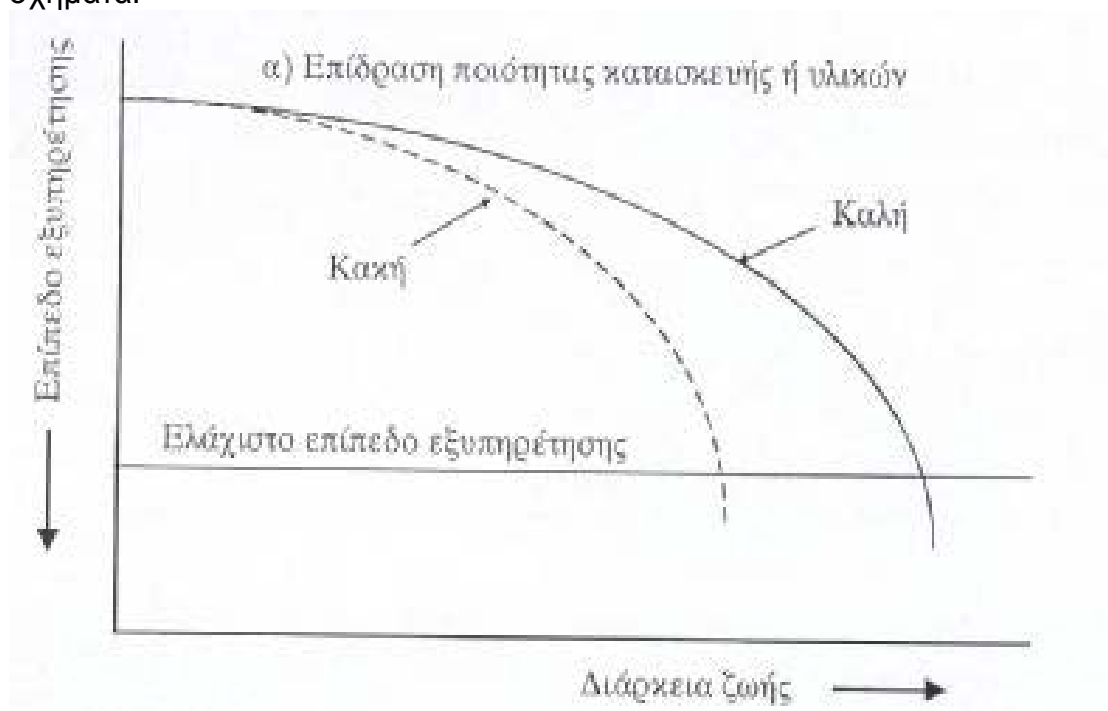
Παρόμοια είναι και η επίδραση της ποιότητας των υλικών. Η χρήση οριακών και κατά κανόνα φθηνών υλικών έχει σαν συνέπεια τη μείωση της διάρκειας ζωής του οδοστρώματος. Η μη αναμενόμενη αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου, πλέον αυτής που εκτιμήθηκε στο στάδιο της μελέτης, και ιδιαίτερα των βαρέων αξονικών φορτίων, μειώνουν επίσης τη διάρκεια ζωής του οδοστρώματος, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Η απρόβλεπτη αύξηση των αξονικών φορτίων μπορεί να οφείλεται και στην ύπαρξη υψηλών ποσοστών υπέρβαρων αξόνων.

Οι συνθήκες του περιβάλλοντος που επηρεάζουν τη συμπεριφορά του οδοστρώματος είναι:

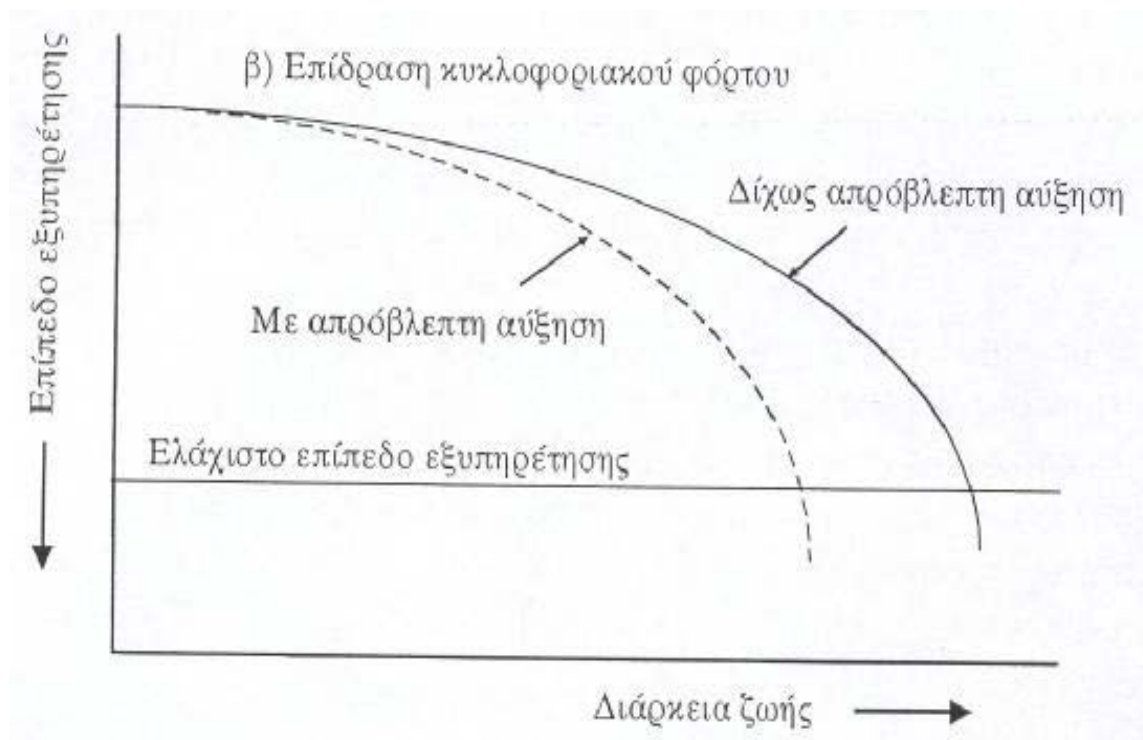
- η υγρασία του υπεδάφους
- η θερμοκρασία του περιβάλλοντος
- ο παγετός και
- η παρουσία ή μη υλικών που διαστέλλονται παρουσία νερού (άργιλος κλπ).

Οι υψηλές υγρασίες υπεδάφους, οι πολύ υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος και η παρουσία υλικών που διαστέλλονται σε συνδυασμό με την επίδραση των αξονικών φορτίων μειώνουν τη διάρκεια ζωής του οδοστρώματος. Η μελέτη διαστασιολόγησης του οδοστρώματος ορισμένες φορές μπορεί να μην είναι σωστή, λόγω κακής εκτίμησης ή υπολογισμού των σχεδιαστικών παραμέτρων. Έτσι, μπορεί να προταθούν μικρότερα από τα απαιτούμενα πάχη στρώσεων (υπό-διαστασιολόγηση) ή μεγαλύτερα πάχη στρώσεων (υπερ-διαστασιολόγηση). Στην πρώτη περίπτωση η διάρκεια ζωής του οδοστρώματος μειώνεται, ενώ στη δεύτερη

αυξάνεται αλλά σε βάρος του κόστους κατασκευής, όπως φαίνεται στα παρακάτω σχήματα.



Εικόνα 14. Επίδραση ποιότητας κατασκευής ή υλικών στην διάρκεια ζωής οδοστρώματος



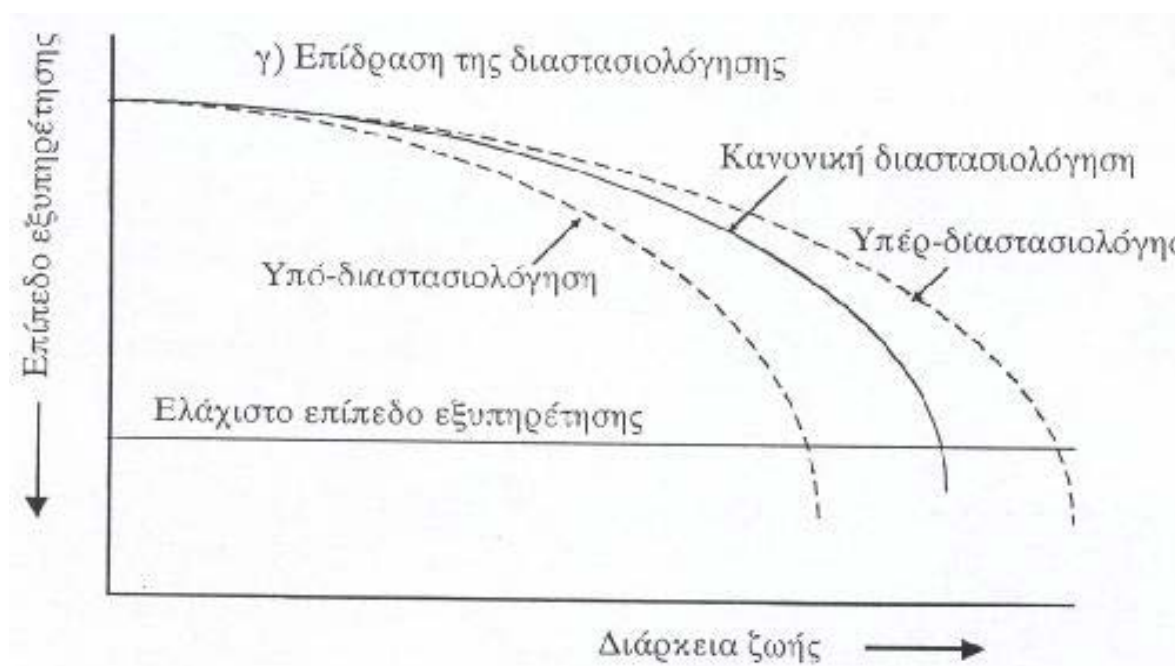
Εικόνα 15. Επίδραση κυκλοφοριακού φόρτου στην διάρκεια ζωής οδοστρώματος

3.1 Φθορές εύκαμπτων οδοστρωμάτων

Όλες οι φθορές που εμφανίζονται στα εύκαμπτα οδοστρώματα μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις κατηγορίες:

- Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι ρηγματώσεις
- στη δεύτερη οι παραμορφώσεις παντός είδους
- στην τρίτη οι αποσθρώσεις και
- στην τέταρτη η λείανση της επιφάνειας κύλισης.

Αναλυτική περιγραφή όλων των αναπτυσσομένων φθορών μαζί με τα πιθανά αίτια που τις προκαλούν δίνεται παρακάτω. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονισθεί το γεγονός ότι, στον καθορισμό της καταλληλότερης συντήρησης - θεραπείας των φθορών βοηθά εξαιρετικά ο ακριβής καθορισμός της κύριας αιτίας που προκάλεσε τη φθορά.



Εικόνα 16. Επίδραση της διαστασιολόγησης στην διάρκεια ζωής οδοστρώματος

3.1.1 Ρηγματώσεις

Οι μορφές των επιφανειακών ρηγματώσεων του οδοστρώματος ποικίλλουν και οφείλονται σε διάφορες αιτίες. Σε πολλές περιπτώσεις η έγκαιρη απλή σφράγιση της ρωγμής ή των ρωγμών είναι η σωστότερη και αποτελεσματικότερη συντήρηση. Σε άλλες περιπτώσεις όμως, είναι αναγκαία η πλήρης εξυγίανση της περιοχής που προσβλήθηκε.

Οι διάφορες μορφές ρηγματώσεων είναι:

- **Ρωγμές τύπου αλιγάτορα**

Οι ρωγμές τύπου αλιγάτορα είναι διακλαδιζόμενες και αλληλοσυνδεόμενες ρωγμές που σχηματίζουν πολυγωνικά κομμάτια (μπλοκ) όμοια με αυτά του δέρματος του αλιγάτορα. Σε ορισμένες περιπτώσεις τα κομμάτια αυτά δίνουν την εντύπωση ότι είναι σχεδόν έτοιμα να αποκολληθούν. Τυπική μορφή ρηγματώσεων τύπου αλιγάτορα δίνεται παρακάτω.



Εικόνα 17. Ρωγμές αλιγάτορα

Τα αίτια που προκαλούν τις ρηγματώσεις αυτές, τις περισσότερες φορές, είναι το μεγάλο βέλος κάμψης που αναπτύσσεται στις ασφαλτικές στρώσεις του οδοστρώματος λόγω μειωμένης φέρουσας ικανότητας του υπεδάφους ή / και της υπόβασης / βάσης. Η μείωση προέρχεται από τη μείωση της φέρουσας ικανότητας των στρώσεων αυτών λόγω εποχιακής αύξησης της υγρασίας στις στρώσεις αυτές. Οι ρωγμές στην περίπτωση αυτή συνήθως εμφανίζονται τοπικά και σε περιορισμένη έκταση.



Εικόνα 18. Ρωγμές αλιγάτορα

Όταν οι ρωγμές τύπου αλιγάτορα εμφανίζονται σε μεγάλη έκταση κατά μήκος του δρόμου, η αιτία εμφάνισής τους είναι διαφορετική. Στην προκειμένη περίπτωση η αιτία (-ες) που προκάλεσε τη φθορά αυτή είναι η πλήρης κόπωση του οδοστρώματος λόγω των επαναλαμβανόμενων φορτίσεων του οδοστρώματος από τον κυκλοφοριακό φόρτο, σε συνδυασμό πιθανότατα και με την ύπαρξη ασθενούς υπεδάφους ή μειωμένου πάχους υποκείμενων στρώσεων. Το τελευταίο θα πρέπει πάντοτε να ελέγχεται και να καθορίζεται.

- **Ρωγμές στα άκρα του οδοστρώματος**

Οι ρωγμές αυτές είναι συνήθως επιμήκεις και εμφανίζονται περίπου 30-50 cm από τα άκρα του οδοστρώματος μετά ή άνευ εγκαρσίων ρωγμών. Οφείλονται κυρίως στην ανεπαρκή υποστήριξη του οδοστρώματος λόγω ενός ή περισσότερων από τους παρακάτω λόγους:

1. κακή συμπύκνωση,
2. κακή αποστράγγιση,
3. δράση παγετού,
4. συρρίκνωση λόγω ξηρασίας του εδάφους της περιοχής ή
5. λόγω μειωμένου πάχους των στρώσεων στα σημεία αυτά.

- **Ρωγμές μεταξύ λωρίδων διάστρωσης ή διαπλάτυσης**

Οι ρωγμές αυτές εμφανίζονται μεταξύ των λωρίδων διάστρωσης ή της διαπλάτυσης και είναι πάντοτε διαμήκεις (πλην της περίπτωσης διακοπής των εργασιών). Οφείλονται αποκλειστικά και μόνο σε κακοτεχνία κατά τη διάρκεια της κατασκευής, όπως: διάστρωση τάπητα με μειωμένη ποσότητα ασφαλτομίγματος στη ραφή, κακή ή ανεπαρκή συγκόλληση της κάθετης επιφάνειας της προηγούμενης λωρίδας διάστρωσης και πτώση της θερμοκρασίας κατά την εκτέλεση των εργασιών. Στην ειδική περίπτωση, που η ρωγμή εμφανίζεται πάνω στο σημείο που έγινε διαπλάτυση της οδού, το αίτιο πιθανόν να είναι η κακή συμπύκνωση των υποκείμενων νέων στρώσεων. Πλην όμως, στις περιπτώσεις αυτές θα υπάρχει, κατά πάσα πιθανότητα, εμφάνιση και άλλης μορφής αστοχίας του οδοστρώματος (κυρίως καθίζηση).

- **Ρωγμές από ανάκλαση**

Οι ρωγμές από ανάκλαση εμφανίζονται κατά κανόνα σε πρόσθετες ασφατικές στρώσεις, που διαστρώθηκαν στο παρελθόν για την αποκατάσταση σοβαρών φθορών του οδοστρώματος. Η μορφή και η κατεύθυνσή τους ποικίλλει από διαμήκης, εγκάρσια, διαγώνια ή και μερικώς διακλαδιζόμενη, ανάλογα με τη μορφή που είχαν οι παλαιές ρωγμές της επισκευασμένης επιφάνειας. Τυπικές ρωγμές από ανάκλαση είναι αυτές που εμφανίζονται σε ασφατικές επιστρώσεις πάνω σε δύσκαμπτα οδοστρώματα, ή οδοστρώματα από βάση με ισχνό σκυρόδεμα ή ακόμη σε επιστρώσεις που έγιναν πάνω από παλαιά εγκιβωτισμένα ερείσματα ή διαπλάτυνσεις.



Εικόνα 19. Ρωγμές από ανάκλαση

Τα αίτια που προκαλούν αυτού του είδους τις ρωγμές είναι οι κάθετες και οριζόντιες μετακινήσεις του υποκείμενου οδοστρώματος. Οι μετακινήσεις αυτές μπορεί να οφείλονται σε μετακινήσεις του υπεδάφους, ή στη διόγκωση / συρρίκνωση αυτού λόγω ύπαρξης αργιλικών υλικών σε συνδυασμό με αυξομείωση της υγρασίας, ή στην κάθετη μετακίνηση των πλακών του δύσκαμπτου οδοστρώματος ή στην κάθετη μετακίνηση των ανεξάρτητων ρηγματωμένων κομματιών της παλαιάς επιφάνειας, γενικότερα.



Εικόνα 20. Ρωγμές από ανάκλαση

- **Ρωγμές από ολίσθηση ταπήτων**

Η μορφή των ρωγμών από ολίσθηση των ταπήτων έχει σχήμα "μισοφέγγαρου". Οι ρωγμές αυτές οφείλονται αποκλειστικά και μόνο στην ολίσθηση του τάπητα κυκλοφορίας επί της υποκείμενης στρώσης λόγω κακής συνοχής αυτών. Η κακή συνοχή των ταπήτων οφείλεται στην απουσία συγκολλητικής επάλειψης ή την ανεπαρκή και κακή συγκολλητική επάλειψη, ή την ύπαρξη μεταξύ των στρώσεων χωμάτων (κυρίως αργιλικών) ή λαδιών αυτοκινήτων ή ύδατος.



Εικόνα 21. Ρωγμές από ολίσθηση ταπήτων

Οι ρωγμές αυτής της μορφής μπορεί να οφείλονται επίσης, ελάχιστες όμως φορές, στη μεγάλη περιεκτικότητα του ασφαλτομίγματος σε λεπτόκοκκα αδρανή ή ακόμη και στην κακή συμπίκνωση της υπερκείμενης στρώσης.

- **Ρωγμές συρρίκνωσης**

Οι ρωγμές συρρίκνωσης είναι συνήθως ακανόνιστης μορφής, διακλαδιζόμενες και ως ένα βαθμό συνδεδεμένες μεταξύ τους, σχηματίζοντας μεγάλα πολυγωνικά μπλοκ με οξείες γωνίες. Οι ρωγμές αυτές οφείλονται στη συρρίκνωση του ασφαλτομίγματος ή των υλικών της βάσης ή / και της υπόβασης. Πλην όμως, είναι δύσκολο να αποδοθούν μετά βεβαιότητας στο ένα ή στο άλλο υλικό. Συστολή του ασφαλτομίγματος μπορεί να επέλθει όταν αυτό έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε λεπτόκοκκα αδρανή και φίλλερ και υψηλό ποσοστό σκληρής ασφάλτου. Η έλλειψη κυκλοφοριακού φόρτου βοηθά στη δημιουργία αυτών των ρωγμών. Σε οδοστρώματα για μικρό κυκλοφοριακό φόρτο, όπου οι ασφαλτικές στρώσεις είναι μικρού πάχους (περίπου 50mm), οι ρωγμές συρρίκνωσης είναι πιθανόν να οφείλονται στη συρρίκνωση του υπεδάφους.

- **Ρωγμές στην τροχιά των τροχών**

Οι ρωγμές αυτές που εμφανίζονται στην τροχιά των τροχών είναι πάντοτε διαμήκεις. Οφείλονται αποκλειστικά και μόνο στην τοπική θραύση του οδοστρώματος. Η θραύση οφείλεται στη μειωμένη φέρουσα ικανότητα του υπεδάφους (εποχιακή ή μη) σε συνδυασμό με τα μεγάλα αξονικά φορτία που επιβάλλονται και το μειωμένο πάχος των ασφαλτικών στρώσεων και της βάσεως (περίπτωση υπό-διαστασιολόγησης του οδοστρώματος). Πλην όμως, η εμφάνιση ρωγμών στην τροχιά των τροχών μπορεί να

οφείλεται και στην κόπωση των ασφαλτομιγμάτων (σύνηθες φαινόμενο). Συνεπώς, απαιτείται η συστηματική διερεύνηση των αιτιών και η λήψη των κατάλληλων μέτρων προς αποφυγή περαιτέρω επιδείνωσης.

- **Ελικοειδείς ρωγμές**

Είναι οι ρωγμές που εμφανίζονται με ελικοειδή μορφή (μη διακλαδιζόμενη) κατά μήκος του οδοστρώματος και όχι σε συγκεκριμένη θέση. Η εμφάνιση των ρωγμών αυτών οφείλεται συνήθως στη δράση του παγετού ή στην κόπωση του οδοστρώματος.

3.1.2 Παραμορφώσεις (στρεβλώσεις) της επιφάνειας

Οι παραμορφώσεις ή στρεβλώσεις της επιφάνειας του οδοστρώματος είναι σε γενικές γραμμές οι φθορές εκείνες που χαρακτηρίζουν το οδόστρωμα ως μη επίπεδο. Η εμφάνιση επιφανειακών παραμορφώσεων αυξάνει την επικινδυνότητα της οδού δεδομένου ότι, αναλόγως της ταχύτητας του οχήματος, χάνεται ή μειώνεται η επαφή του ελαστικού με το οδόστρωμα. Επιπροσθέτως, επιφέρουν σημαντική μείωση της άνεσης κατά την οδήγηση. Οι παραμορφώσεις μπορεί να συνοδεύονται και από ρηγματώσεις πράγμα που επιδεινώνει ακόμη περισσότερο την κατάσταση, κυρίως ως προς τη δομική λειτουργία του οδοστρώματος. Οι παραμορφώσεις της επιφάνειας του οδοστρώματος μπορεί να οφείλονται σε έναν ή περισσότερους από τους παρακάτω λόγους:

- στην ελαστοπλαστική συμπεριφορά του ασφαλτομίγματος,
- στη χαμηλή ευστάθεια των ασφαλτομιγμάτων,
- στη μη καλή συμπύκνωση όλων των στρώσεων και
- στην καθίζηση του υπεδάφους.

Για την αποτελεσματικότερη συντήρηση των παραμορφώσεων είναι αναγκαίο να διερευνηθούν και να εντοπιστούν επακριβώς τα αίτια.

Γενικά, η συντήρηση των παραμορφώσεων μπορεί να είναι από απλή πλήρωση αυτών με θερμό ή ψυχρό ασφαλτόμιγμα έως την πλήρη απομάκρυνση της προσβληθείσας περιοχής και την αντικατάστασή της με νέα υλικά. Αναλυτικότερα οι διάφορες μορφές παραμορφώσεων που παρουσιάζονται στα εύκαμπτα οδοστρώματα είναι:

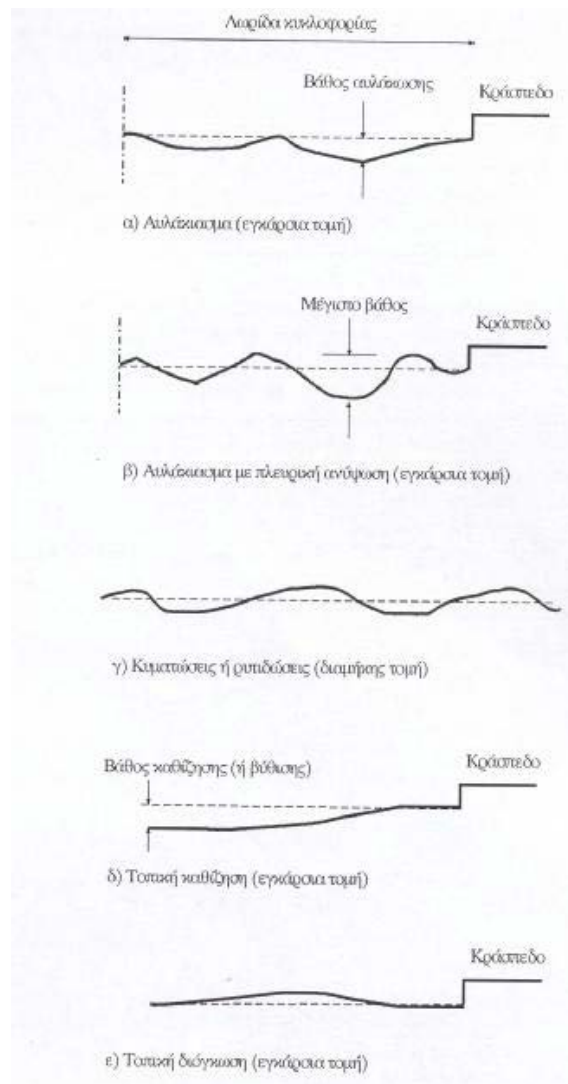
- **Αυλακώσεις στις τροχιές των τροχών**

Οι αυλακώσεις αυτές είναι καναλοποιημένες καθιζήσεις κατά μήκος της τροχιάς των τροχών. Οφείλονται σε μια ή περισσότερες από τις παρακάτω αιτίες: την παραμένουσα παραμόρφωση του ασφαλτομίγματος ή την καθίζηση των στρώσεων λόγω κακής συμπύκνωσης, ή την πλευρική μετακίνηση μιας ή περισσότερων στρώσεων κάτω από την επίδραση των αξονικών φορτίων. Τυπική μορφή αυλακώσεων που οφείλεται στους παραπάνω λόγους φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Επίσης, αυλακώσεις μπορούν να δημιουργηθούν και μόνο από την υψηλή παραμορφωσιμότητα του ασφαλτομίγματος, που χαρακτηρίζεται και από χαμηλή ευστάθεια και υψηλή παραμόρφωση κατά Marshall ή χαμηλό στατικό μέτρο

δυσκαμψίας. Στην προκειμένη περίπτωση, οι αυλακώσεις θα συνδέονται υποχρεωτικά και από τοπικές ανυψώσεις δεξιά και αριστερά της αυλάκωσης και καθ' όλο το μήκος αυτής.



Εικόνα 22. Αυλακώσεις στις τροχιές των τροχών



Εικόνα 23. Επιφανειακές παραμορφώσεις

- **Κυματώσεις (ρυτιδώσεις)**

Οι κυματώσεις, ή ρυτιδώσεις ή πτυχώσεις, είναι μια μορφή πλαστικής μετακίνησης που έχει ως αποτέλεσμα την τοπική εξόγκωση της επιφάνειας υπό μορφή κυματώσεων. Στην ειδική περίπτωση που η πλαστική μετακίνηση είναι τοπική, το φαινόμενο ονομάζεται απώθηση. Οι ρυτιδώσεις ή απωθήσεις εμφανίζονται συνήθως σε περιοχές όπου αναπτύσσονται υψηλές διατμητικές τάσεις' όπως σε περιοχές φρεναρίσματος (στάσεις και διασταυρώσεις), ή ανωφέρειες και κατωφέρειες και δε συνοδεύονται από ρηγματώσεις, εκτός ορισμένων περιπτώσεων απωθήσεων. Οι ρυτιδώσεις αναπτύσσονται σε όλη την επιφάνεια του οδοστρώματος, είναι όμως περισσότερο έντονες στην κύρια λωρίδα της κυκλοφορίας.



Εικόνα 24. Κυματώσεις

Οφείλονται αποκλειστικά και μόνο στη χαμηλή ευστάθεια του ασφαλτο-τομίγματος και στην πλαστική παραμόρφωση αυτού. Η χαμηλή ευστάθεια του ασφαλτομίγματος, συνήθως του τύπου κυκλοφορίας, μπορεί να οφείλεται στο υψηλό ποσοστό ασφάλτου, ή στη χρήση ασφάλτου με χαμηλό ιξώδες (μαλακή άσφαλτος, με διεισδυτικότητα μεγαλύτερη των 100 pen), στο υψηλό ποσοστό άμμου έναντι των χονδρόκοκκων αδρανών, ή στο γεγονός ότι το μίγμα έχει κενά μικρότερα της ελαχίστης επιτρεπτής τιμής, ή στη χρήση φυσικών αδρανών (μη θραυστά και στρογγυλεμένα αδρανή) ή, τέλος, στη μη πλήρη εξάτμιση των διαλυτών των διαλυμάτων, που κακώς χρησιμοποιούνται ακόμη και σήμερα από ορισμένους κατασκευαστές για συγκολλητικές ή και προεπαλείψεις.

- **Τοπικές καθιζήσεις**

Τοπικές καθιζήσεις χαρακτηρίζονται οι καθιζήσεις που είναι σε περιορισμένη έκταση και συνήθως δε συνοδεύονται από μικρορωγμές. Οι καθιζήσεις αυτές κατακρατούν νερό, είναι πηγή επιταχυνόμενης φθοράς του οδοστρώματος και συγχρόνως κίνδυνος για τους χρήστες της οδού (ολισθηρότητα, πάγος κλπ). Οι τοπικές καθιζήσεις είναι συνήθως περιορισμένης έκτασης και οφείλονται στην τοπική καθίζηση των υποκειμένων στρώσεων κάτω από την επίδραση υψηλών αξονικών φορτίων. Οι καθιζήσεις των υποκειμένων στρώσεων μπορεί να οφείλονται σε κακή κατασκευή αυτών, ή / και σε τοπική μείωση της φέρουσας ικανότητας αυτών.



Εικόνα 25. Τοπικές καθιζήσεις

- **Τοπικές διογκώσεις**

Οι τοπικές διογκώσεις οφείλονται σε τοπική διόγκωση του υπεδάφους ή της υπόβασης, ή της βάσης και σπανίως των ασφαλτικών στρώσεων. Η συνηθέστερη αιτία που προκαλεί τη διόγκωση είναι η διαστολή του εγκλωβισμένου ύδατος κατά τη διάρκεια του χειμώνα, λόγω παγετού. Βεβαίως, δεν πρέπει να αποκλείεται και η επίδραση της υγρασίας σε διογκούμενα εδαφικά υλικά. Οι διογκώσεις ανύψωσης χαρακτηρίζονται από διακλαδιζόμενες ρηγματώσεις.

- **Τοπικές καθιζήσεις σε τομές οδοστρώματος**

Οι τοπικές αυτές καθιζήσεις εμφανίζονται από την κακή συμπίκνωση των υλικών επίχωσης των εγκαρσίων τομών που ανοίγονται κυρίως από οργανισμούς κοινής ωφελείας ή ιδιώτες.

3.1.3 Αποσύνθεση

Αποσύνθεση είναι η θρυμματίση του οδοστρώματος σε μικρά ασύνδετα κομμάτια. Σ' αυτό περιλαμβάνεται και η αποκόλληση των αδρανών από την επιφάνεια του οδοστρώματος. Εάν η αποσύνθεση, όπως ορίστηκε παραπάνω, δε συντηρηθεί έγκαιρα, είναι σίγουρο ότι θα οδηγήσει πολύ σύντομα σε κατάσταση όπου θα απαιτείται αποκατάσταση του οδοστρώματος. Οι κυριότερες μορφές αποσύνθεσης του οδοστρώματος σε αρχικό στάδιο είναι η αποκόλληση αδρανών και οι λακκούβες.

- **Αποκόλληση αδρανών**

Η αποκόλληση αδρανών από την επιφάνεια του οδοστρώματος είναι το γνωστό "ψώριασμα" ή απογύμνωση της επιφάνειας που αρχίζει συνήθως από την άκρη του οδοστρώματος προς το κέντρο. Η αποκόλληση των αδρανών γίνεται προοδευτικά. Πρώτα αποκολλώνται τα λεπτόκοκκα αδρανή και κατόπιν τα χονδροκόκκα. Στα πρώτα στάδια η επιφάνεια παρουσιάζει μια σχετική τραχύτητα και κατόπιν μικρές "φωλιές" που αρχίζουν να πυκνώνουν και να μεγαλώνουν δημιουργώντας έτσι σε πολλές περιπτώσεις λακκούβες.



Εικόνα 26. Αποκόλληση αδρανών

Οι αιτίες που προκαλούν αυτού του είδους τη φθορά είναι:

- i. η χαμηλή περιεκτικότητα του μίγματος σε άσφαλτο
- ii. η χρήση μη καθαρών αδρανών
- iii. η κατασκευή του τάπητα σε χαμηλές θερμοκρασίες ή / και μεβροχή
- iv. η υπερθέρμανση της ασφάλτου ή του ασφαλτομίγματος
- v. η χρήση αδρανών που έχουν την τάση να αποσυντίθενται (σαθρά αδρανή)
- vi. η μη επαρκής συμπύκνωση, στην περίπτωση των ψυχρών ασφαλτομιγμάτων μόνο.

- **Λακκούβες**

Οι γνωστές σε όλους λακκούβες δημιουργούνται από αδυναμίες του ασφαλτομίγματος ή της δομής του οδοστρώματος όπως:

- i. έλλειψη συνδετικού υλικού στο ασφαλτόμιγμα,
- ii. μειωμένο πάχος τάπητα κυκλοφορίας,
- iii. τοπική αστοχία κατά την κατασκευή των στρώσεων, κυρίως της βάσης και
- iv. μη καλή τοπική αποστράγγιση της οδού.

Λακκούβες μπορούν να δημιουργηθούν και από επιδείνωση της αποκόλλησης των αδρανών από την επιφάνεια του οδοστρώματος.

3.1.4 Λεία επιφάνεια οδοστρώματος

Η λεία επιφάνεια είναι μια φθορά του οδοστρώματος η οποία, σε αντίθεση με τους άλλους τύπους φθορών, δεν επιδρά στην επιδείνωση της δομικής κατάστασης του οδοστρώματος αλλά στο επίπεδο ασφάλειας και εξυπηρέτησης αυτού και είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ολισθηρότητα της επιφάνειας. Η λεία επιφάνεια του οδοστρώματος οφείλεται κυρίως στη λείανση των επιφανειακών αδρανών. Επίσης, μπορεί να οφείλεται και στην ανάδυση της ασφάλτου στην επιφάνεια του οδοστρώματος, ή στη βύθιση των χονδρόκοκκων αδρανών ή ακόμη και στη χρήση

λείων και σφαιρικών αδρανών (αμμοχάλικο χειμάρρων κλπ.). Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις επέρχεται μείωση ή εκμηδένιση της μικρουφής και μακρουφής της επιφάνειας του οδοστρώματος και κατά συνέπεια μείωση του συντελεστή τριβής μεταξύ των ελαστικών και της επιφάνειας. Η παρουσία νερού επιδεινώνει την κατάσταση και παράλληλα είναι αιτία ανάπτυξης του φαινομένου της υδρολίσθησης (ιδιαίτερα στα σημεία παρακράτησης ύδατος). Επιδείνωση της ολισθηρότητας μπορεί επίσης να επέλθει με την παρουσία λαδιών ή χώματος (κυρίως αργιλικών υλικών) πάνω στην επιφάνεια, καθώς επίσης και με την εναπόθεση ελαστικών (στις περιοχές που παρατηρείται έντονη πέδηση των οχημάτων). Η ολισθηρότητα συνδέεται άμεσα με τα τροχαία ατυχήματα. Έτσι λοιπόν, θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή για την άμεση αποκατάσταση της αντιολισθηρής ικανότητας της επιφάνειας.

- **Λείανση των αδρανών – Ολισθηρότητα**

Η λείανση των αδρανών της επιφάνειας οφείλεται αποκλειστικά και μόνο στη χρήση ακατάλληλων σκληρών αδρανών.

- **Ανάδυση ασφάλτου**

Ανάδυση ασφάλτου είναι το φαινόμενο της κάθετης μετακίνησης της ασφάλτου μέσα στο ασφαλτόμιγμα και η εμφάνιση αυτής στην επιφάνεια του οδοστρώματος δημιουργώντας έναν ασφατικό υμένα. Το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται μόνο κατά την περίοδο των θερινών μηνών. Η μόνη αιτία εμφάνισης ανάδυσης ασφάλτου είναι η ύπαρξη περίσσειας ασφάλτου στο ασφαλτόμιγμα ή ο ψεκάσμος πλέον της απαιτούμενης ποσότητας συγκολλητικής ή προεπάλειψης (ανάδυση ασφάλτου από προεπάλειψη μπορεί να συμβεί μόνο στην περίπτωση διάστρωσης ενός τάπητα πάχους 40-50 mm).



Εικόνα 27. Ανάδυση ασφάλτου

3.2 Φθορές δυσκάμπτων οδοστρωμάτων

Οι φθορές που παρουσιάζουν τα δύσκαμπτα οδοστρώματα μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις κατηγορίες, όμοιες με αυτές των ευκάμπτων οδοστρωμάτων, δηλαδή:

- ρηγματώσεις,

- επιφανειακές παραμορφώσεις,
- αποσύνθεση επιφάνειας και
- λείανση επιφάνειας.

Πριν αναπτυχθούν αναλυτικά οι παραπάνω φθορές θα πρέπει να αναφερθεί ότι η επιτυχής συντήρηση των δυσκάμπτων οδοστρωμάτων με τσιμεντοκονίαμα ή γενικότερα με νέο σκυρόδεμα, μετά ή άνευ σπλισμού. είναι πολύ δύσκολη και πολλές φορές αδύνατη. Για το λόγο αυτό οι μέθοδοι συντήρησης που θα αναπτυχθούν παρακάτω βασίζονται σε συντήρηση με ασφαλικά υλικά ή ασφαλικά μίγματα.

3.2.1 Ρηγματώσεις – Αρμοί

Οι ρωγμές είναι οι περισσότερο κοινές φθορές των δυσκάμπτων οδο-στρωμάτων. Οφείλονται κατά ένα μεγάλο ποσοστό στην ογκομετρική συμπεριφορά του σκυροδέματος κάτω από θερμοκρασιακές αυξομειώσεις, αλλά και στην επαναλαμβανόμενη φόρτιση που επέρχεται από την κυκλοφορία. Ρωγμές εμφανίζονται καθ' όλες τις διευθύνσεις, πλην όμως μπορούν να αποφευχθούν ή να περιορισθούν με την κατασκευή αρμών (διαστολής, συστολής και στρέβλωσης - διαμήκεις αρμοί). Παρόλο που οι αρμοί περιορίζουν την ανάπτυξη ρωγμών, δημιουργούν σοβαρό πρόβλημα συντήρησής τους. Θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η συντήρηση των αρμών είναι εξίσου σημαντική, αν όχι σημαντικότερη, από τη συντήρηση των ρωγμών. Και αυτό διότι η έναρξη ενός μεγάλου ποσοστού ρηγματώσεων οφείλεται στη μη καλή και έγκαιρη συντήρηση των κατασκευασμένων αρμών. Η συντήρηση των αρμών και των ρηγματώσεων καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό των έργων συντήρησης δυσκάμπτων οδοστρωμάτων. Οι φθορές στους αρμούς και οι συνήθεις ρωγμές είναι:

- **Φθορές στους αρμούς**

Οι φθορές που παρουσιάζονται στους αρμούς είναι συνήθως η αποκόλληση του υλικού πλήρωσης, που τοποθετείται για τη στεγάνωση αυτών, και η ρηγματώση πλησίον του αρμού. Πολλές φορές εμφανίζεται και θραύση με αποκόλληση τμήματος των ακμών του αρμού.

Η αποκόλληση του υλικού οφείλεται στη γήρανση και οξείδωση του υλικού πλήρωσης, ενώ η ρηγματώση στη χαμηλή αντοχή του σκυροδέματος σε συνδυασμό με τα μεγάλα φορτία των οχημάτων.

- **Γωνιώδεις (γωνιακές) ρωγμές**

Είναι οι ρωγμές που εμφανίζονται στις γωνίες των πλακών, συνήθως στην υποτείνουσα του τριγώνου που σχηματίζεται μεταξύ των αρμών και της ρωγμής. Αν δε συντηρηθεί έγκαιρα η ρωγμή, το ρηγματωμένο γωνιακό κομμάτι θα αποκολληθεί πλήρως από την πλάκα. Οι ρωγμές αυτές δημιουργούνται λόγω μη καλής υποστήριξης της πλάκας από το έδαφος έδρασης. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι γωνίες της πλάκας είναι το πιο ευαίσθητο σημείο της.

- **Διαμήκεις ρωγμές**

Είναι οι ρωγμές που εμφανίζονται παράλληλα με τον άξονα του οδοστρώματος. Οφείλονται κυρίως στη συστολή της πλάκας και την ανυπαρξία κατάλληλου αριθμού διαμήκων αρμών. Πιθανές αιτίες μπορούν επίσης να είναι και η διαστολή της υποκείμενης στρώσης, οι τάσεις στρέβλωσης που αναπτύσσονται σε συνδυασμό με τα φορτία της κυκλοφορίας, ή η μειωμένη υποστήριξη του εδάφους έδρασης. Η επισκευή των ρωγμών γίνεται με καθαρισμό αυτών και της εκατέρωθεν περιοχής, τουλάχιστον 25mm εκατέρωθεν, με αμμοβολή ή συμπιεσμένο υπέρθερμο αέρα και κατόπιν πλήρωση με κατάλληλη ελαστομερή ασφαλτο. Σε περίπτωση που το οδόστρωμα αμέσως μετά τη συντήρηση δοθεί στην κυκλοφορία, συνιστάται να διασπέρνεται μικρή ποσότητα άμμου επί του υλικού πλήρωσης.



Εικόνα 28. Διαμήκειες ρωγμές

- **Εγκάρσιες ρωγμές**

Είναι οι ρωγμές που εμφανίζονται σχεδόν κάθετα στον άξονα του οδοστρώματος και συνήθως στο κέντρο της πλάκας. Οφείλονται στην υπερφόρτιση και ανάπτυξη μεγάλων ροπών κάμψης, ή στην ανυπαρξία κατάλληλου αριθμού εγκαρσίων αρμών, ή στην ύπαρξη ασθενούς υπεδάφους.



Εικόνα 29. Εγκάρσιες ρωγμές

- **Διαγώνιες ρωγμές**

Είναι οι ρωγμές που εμφανίζονται στις γωνίες των πλακών σχηματίζοντας μεγαλύτερα τρίγωνα από αυτά που σχηματίζονται από τις γωνιώδεις ρωγμές. Οι αιτίες για την ανάπτυξη αυτών είναι οι ίδιες με αυτές των γωνιωδών ρωγμών.

3.2.2 Επιφανειακές παραμορφώσεις δυσκάμπτων οδοστρωμάτων

Οι επιφανειακές παραμορφώσεις στα δύσκαμπτα οδοστρώματα περιορίζονται αποκλειστικά και μόνο σε καθιζήσεις. Οι διαφορικές καθιζήσεις των πλακών μπορεί να οφείλονται στο ανεπαρκές σύστημα μεταφοράς του φορτίου από πλάκα σε πλάκα ή στην περαιτέρω συμπύκνωση ή συστολή του εδάφους έδρασης. Διαφορική καθίζηση μπορεί επίσης να αναπτυχθεί αν λόγω ατελούς πλήρωσης του αρμού "αντληθούν" προς τα έξω τα λεπτόκοκκα υλικά του εδάφους έδρασης. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να αναμένεται και ρηγμάτωση και θραύση κατά μήκος της ακμής της πλάκας. Ορισμένες καθιζήσεις μικρού μεγέθους μπορούν να συντηρηθούν και να αποκατασταθούν χρησιμοποιώντας κατάλληλο ασφαλικό ελαστομερές υλικό και σφραγιστικό ασφαλτόμιγμα τύπου slurry. Τις περισσότερες όμως φορές η συντήρηση και η αποκατάσταση των καθιζήσεων γίνεται μόνο με πρόσθετη στρώση ασφαλοτάπητα, αφού προηγουμένως εξομαλυνθούν οι καθιζήσεις με μια ισοπεδωτική στρώση.

Στις περιπτώσεις όπου εμφανίζεται και άντληση λεπτόκοκκων υλικών, θα πρέπει πρώτα να γίνει σχολαστικά η πλήρωση του κενού που δημιουργήθηκε. Η επαρκής πλήρωση του κενού αυτού, που είναι αρκετά δύσκολη, γίνεται με ειδικό ασφαλικό υλικό υψηλού σημείου μάλθωσης. Το υλικό αυτό εφαρμόζεται με αντλία και θα πρέπει να πληρεί τις απαιτήσεις της προδιαγραφής.

3.2.3 Αποσύνθεση δυσκάμπτων οδοστρωμάτων

Αποσύνθεση της επιφάνειας δυσκάμπτου οδοστρώματος είναι τόσο η αποκόλληση λεπτόκοκκων και χονδροκόκκων αδρανών από την επιφάνεια του σκυροδέματος όσο και ο θρυμματισμός των ακμών και των γωνιών των πλακών. Η αποκόλληση των αδρανών οφείλεται στη μη καλή ανάμιξη του μίγματος, στη χρήση ακατάλληλων αδρανών, στις μη κατάλληλες συνθήκες πήξης του σκυροδέματος και στη χημική δράση του άλατος που πιθανόν να χρησιμοποιείται για την αποφυγή δημιουργίας πάγου στο οδόστρωμα.

- **Αποκόλληση αδρανών – λεπίδωση**

Η συντήρηση των περιοχών που παρουσιάζουν αποκολλήσεις, σε βάθος όχι μεγαλύτερο των 25mm, γίνεται μόνο με τη διάστρωση ψυχρού σφραγιστικού ασφαλομίγματος τύπου slurry, διαβάθμισης II ή III σε περίπτωση που η αποκόλληση των αδρανών έχει δημιουργήσει "φωλιές" βάθους μεγαλύτερου των 25 mm η συντήρηση γίνεται συνήθως με τη διάστρωση θερμού ασφαλομίγματος. Πριν τη διάστρωση του θερμού ασφαλομίγματος, απαιτείται συγκολλητική επάλειψη με

κατιονικό γαλάκτωμα ταχείας διάσπασης ΚΕ-1 ή ΚΕ-2 (ποσότητες περίπου 0.25-0.50 λίτρα/m²).

- **Θρυμματισμός πλακών**

Ο θρυμματισμός των πλακών στις ακμές και στις γωνίες, ή ακόμη και στο μέσο της πλάκας, οφείλεται κυρίως στη διαστολή αυτών και, ορισμένες μόνο φορές, στις μεγάλες ανωστικές πιέσεις του υπεδάφους. Παράγοντες που συντελούν στην εμφάνιση της θραύσης είναι το ασθενές σκυρόδεμα, η πιθανότητα εγκλωβισμού αδρανών μέσα στον αρμό και η κακή κατασκευή του αρμού. Όταν ο θρυμματισμός ή / και η αποκόλληση τμημάτων σκυροδέματος είναι σοβαρή, η οποιαδήποτε συντήρηση δεν είναι αποτελεσματική. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται πλήρης αποκατάσταση του οδοστρώματος. Η αποκατάσταση μπορεί να γίνει είτε με την ανακατασκευή των πλακών, είτε με διάστρωση ενισχυτικής ασφαλικής επίστρωσης, ή ακόμη και με διάστρωση νέας ενισχυτικής στρώσης από σκυρόδεμα. Ανακατασκευή πλακών επιλέγεται μόνον όταν οι φθαρμένες πλάκες είναι περιορισμένες σε αριθμό, αλλιώς επιλέγεται μια από τις άλλες δύο εναλλακτικές λύσεις. Η ανακατασκευή γίνεται και πάλι από σκυρόδεμα, αφού απομακρυνθεί όλη η φθαρμένη πλάκα και αντικατασταθεί (αν χρειασθεί) η υπόβαση. Κατά την ανακατασκευή ανακατασκευάζονται και οι ανάλογοι αρμοί. Η διάστρωση νέας ενισχυτικής στρώσης συνήθως γίνεται με ασφαλτόμιγμα και όχι από σκυρόδεμα δεδομένου ότι το δεύτερο παρουσιάζει αρκετές κατασκευαστικές δυσκολίες. Η συνηθέστερη μέθοδος αποκατάστασης δυσκάμπτων οδοστρωμάτων, η κατασκευή ασφαλικής ενισχυτικής στρώσης, εγκυμονεί κινδύνους πρόωρης εμφάνισης ανακλαστικών ρωγμών, κυρίως στα σημεία ύπαρξης αρμών και χαλαρών τεμαχίων της πλάκας του οδοστρώματος. Για την αποφυγή εμφάνισης ρωγμών, η νέα επίστρωση θα πρέπει να έχει το ενδεδειγμένο πάχος ή / και να λαμβάνονται πρόσθετα μέτρα όπως:

- i. κατασκευή πρόσθετης ασφαλικής στρώσης εκτόνωσης ρωγμών , μεταξύ της υφισταμένης πλάκας και της νέας επίστρωσης, ή
- ii. περαιτέρω διάσπαση της πλάκας και βύθιση των τεμαχίων στην υπόβαση .

Οι παραπάνω δύο τεχνικές αναπτύσσονται εν συντομία παρακάτω. Για την αποφυγή ανάπτυξης ανακλαστικών ρωγμών μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατάλληλα γεωπλέγματα ή ασφαλτοϋφάσματα ή ακόμη και μεμβράνες απορρόφησης τάσεων μετά ή άνευ ινών. Τα αποτελέσματα, θεωρητικά τουλάχιστον, θα πρέπει να είναι θετικά. Μέχρι σήμερα δεν έχουν εξαχθεί πάγια συμπεράσματα που να βασίζονται σε τεchnο-οικονομικά συγκριτικά στοιχεία, επειδή δεν υπάρχει μακροχρόνια παρακολούθηση της συμπεριφοράς αυτών.

- **Διάσπαση και βύθιση**

Η διάσπαση της πλάκας και η βύθιση των τεμαχίων με πολύ βαρύ συρόμενο οδοστρωτήρα είναι σχετικά παλαιά τεχνική η οποία μπορεί να εφαρμοσθεί μόνο στα άοπλα οδοστρώματα από σκυρόδεμα. Η τεχνική απαιτεί ειδικό μηχάνημα για τη θραύση των πλακών, όπως υδραυλική ή αέρος σφύρα ή πίπτουσα σφύρα, και πολύ

βαρύ συρόμενο μεταλλικό οδοστρωτήρα (50 τόννων). Εάν υπάρχει καμιά παλαιά ασφαλτική επίστρωση θα πρέπει να αφαιρεθεί πριν την έναρξη της θραύσης.

Κατά την τεχνική αυτή δεν απαιτείται σπάσιμο όλων των πλακών αλλά μόνο αυτών που έχουν χάσει την έδρασή τους πάνω στην υπόβαση, κυρίως λόγω άντλησης των λεπτόκοκκων υλικών. Ο εντοπισμός της πλάκας που πρόκειται να σπαστεί γίνεται με τη διέλευση του βαριού οδοστρωτήρα. Όποια πλάκα μετακινείται κατά τη διέλευσή του σημειώνεται και θραύεται. Τα τεμάχια που προκύπτουν κυλινδρώνονται καλά (συνήθως 2-3 διελεύσεις) έτσι ώστε να βυθισθούν και να σταθεροποιηθούν μέσα στην υπόβαση. Μετά το πέρας των εργασιών και πριν τη διάστρωση της ασφαλτικής επίστρωσης, η επιφάνεια ψεκάζεται με επαρκή ποσότητα γαλακτώματος και κατόπιν διαστρώνεται ισοπεδωτική στρώση. Η επίστρωση μπορεί να είναι και από σκυρόδεμα (οπλισμένο με συνεχή οπλισμό είναι πιο τεχνο-οικονομικό). Και στην περίπτωση αυτή απαιτείται ισοπεδωτική στρώση.

3.2.4 Ολισθηρότητα επιφανείας

Η ολισθηρότητα της επιφάνειας των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων οφείλεται αποκλειστικά και μόνο στη λείανση των αδρανών (χονδρόκοκκων και λεπτόκοκκων). Η αντιμετώπιση και η αποκατάσταση της αντιολισθηρής ικανότητας της επιφανείας γίνεται

- με τη δημιουργία αυλακώσεων, χρησιμοποιώντας κατάλληλους αυτοκινούμενους κόφτες,
- με τη χρήση ειδικών χημικών ουσιών οι οποίες μετά τη χημική αντίδραση με τα υλικά της επιφανείας δημιουργούν μια ικανοποιητική υφή και
- με μια από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται στα εύκαμπτα οδοστρώματα.



Εικόνα 30. Ολισθηρότητα επιφανείας

Η πρώτη μέθοδος είναι αρκετά δαπανηρή και χρονοβόρα και προϋποθέτει άριστη κατάσταση επιφανείας, ελεύθερη από κάθε άλλου είδους φθορά. Η δεύτερη είναι αρκετά ακριβή αλλά και μη φιλική προς το περιβάλλον, διότι τα χημικά που χρησιμοποιούνται μολύνουν το υπέδαφος της περιοχής. Η εφαρμογή μιας από τις μεθόδους που προαναφέρθηκαν για την αποκατάσταση της αντιολισθηρής

ικανότητας της επιφάνειας δυσκάμπτων οδοστρωμάτων, προϋποθέτει συντήρηση των αρμών (αν χρειασθεί). Η πλέον αποτελεσματική και οικονομική λύση για την αποκατάσταση της αντισθηρότητας είναι η διάστρωση ψυχρού λεπτοτάπητα ή ασφαλικών επαλείψεων. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι οποιαδήποτε μέθοδος με ασφαλτόμιγμα, γενικότερα, και αν χρησιμοποιηθεί, αργά ή γρήγορα, αναμένεται να εμφανισθούν μικρορωγμές στα σημεία ύπαρξης αρμών.

3.3 Αξιολόγηση οδοστρωμάτων και μέτρηση επιφανειακών χαρακτηριστικών

Η αξιολόγηση της κατάστασης ενός οδοστρώματος είναι θεμελιώδης παράμετρος για τον καθορισμό της κατάλληλης στιγμής επέμβασης, που συνίσταται στη συντήρηση, ή την αποκατάσταση ή-και την ενίσχυση, ή την ανακατασκευή αυτού. Επίσης, με την αξιολόγηση είναι δυνατόν να καθορισθεί το πάχος της πρόσθετης ασφαλικής επίστρωσης, εάν χρειασθεί. Κατά την αξιολόγηση καθορίζεται η λειτουργική και η δομική κατάσταση του οδοστρώματος. Αξιολόγηση λειτουργικής κατάστασης ορίζεται το σύνολο των εργασιών για την αποτίμηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του οδοστρώματος όπως: ομαλότητα, ολισθηρότητα, αυλάκωση, ρηγμάτωση και οποιαδήποτε άλλη επιφανειακή φθορά που συμβάλλει στην καλή ή μη καλή λειτουργία του οδοστρώματος από τη σκοπιά των εποχουμένων. Αξιολόγηση δομικής κατάστασης του οδοστρώματος ορίζεται το σύνολο των εργασιών για την αποτίμηση των μηχανικών ιδιοτήτων και της αντοχής του οδοστρώματος, καθώς και για την εκτίμηση της εναπομένουσας ζωής αυτού. Με την αξιολόγηση της λειτουργικής κατάστασης του οδοστρώματος αποφασίζεται εάν το οδόστρωμα θα πρέπει να συντηρηθεί ή να αποκατασταθεί ή να ανακατασκευασθεί, δηλαδή καθορίζεται η αναγκαιότητα και ο τρόπος δράσης. Με τη δομική αξιολόγηση ουσιαστικά αποφασίζεται εάν απαιτείται ενίσχυση του οδοστρώματος, σε σχέση με την εναπομένουσα ζωή του, και επιπροσθέτως καθορίζεται το πάχος της ασφαλικής επίστρωσης (εάν αποφασισθεί) ή επιλέγεται η ανακατασκευή του οδοστρώματος. Ενίσχυση του οδοστρώματος μπορεί να χρειασθεί είτε γιατί το οδόστρωμα υπερφορτίσθηκε, είτε γιατί δε σχεδιάστηκε ή δεν κατασκευάσθηκε σωστά, είτε γιατί επέδρασαν αρνητικά και άλλοι απρόβλεπτοι παράγοντες, με αποτέλεσμα η υπολειπόμενη διάρκεια ζωής του να μην επαρκεί για να συμπληρώσει το χρονικό διάστημα για το οποίο σχεδιάστηκε. Βεβαίως, ενίσχυση του οδοστρώματος μπορεί να χρειασθεί γιατί αποφασίζεται να αυξηθεί η συνολική διάρκεια ζωής του οδοστρώματος.

Τα δύο στάδια αξιολόγησης δεν είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους. Αντιθέτως, είναι συμπληρωματικά το ένα του άλλου και θα πρέπει πάντοτε να συνυπάρχουν για τον πλήρη και ακριβή καθορισμό του τρόπου δράσης τόσο χρονικά όσο και ποσοτικά. Η αξιολόγηση της λειτουργικής κατάστασης των οδοστρωμάτων γίνεται με μεθόδους που βασίζονται σε:

- i. Οπτική επισκόπηση της επιφάνειας του οδοστρώματος
- ii. Μετρήσεις επιφανειακών χαρακτηριστικών με ειδικά μηχανήματα και
- iii. Φωτογραφική αποτύπωση της κατάστασης της επιφάνειας

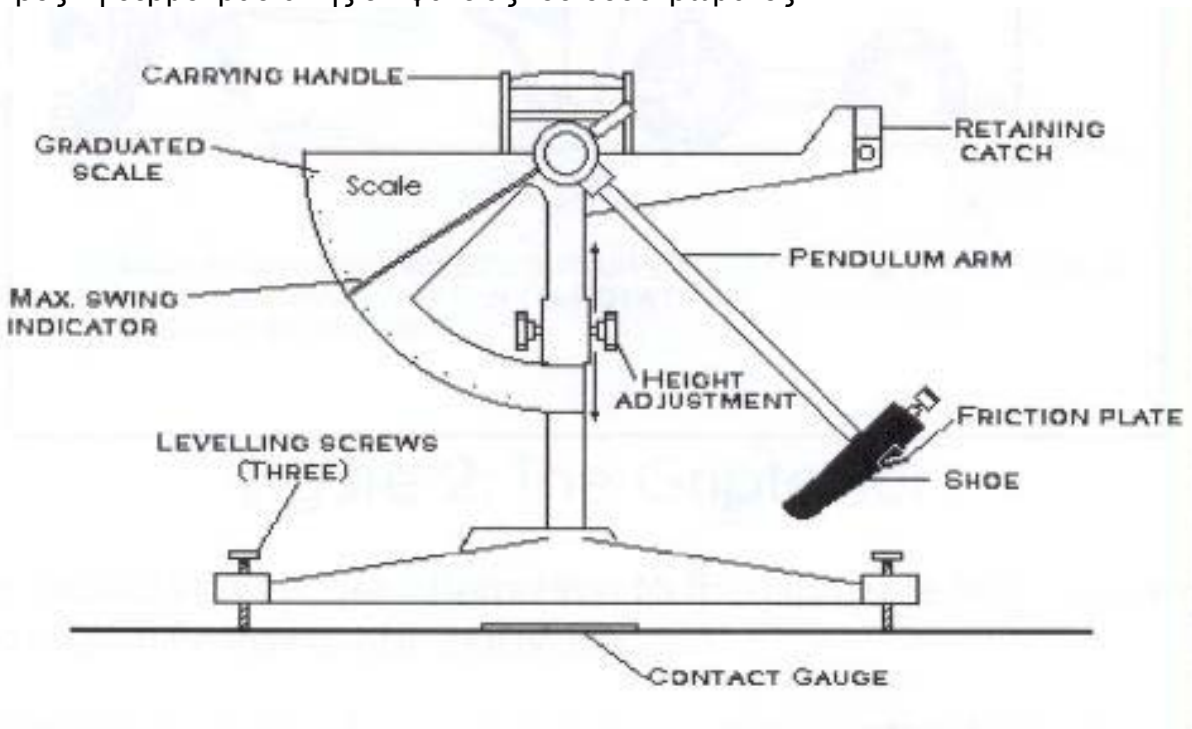
Αντιθέτως, η αξιολόγηση της δομικής κατάστασης των οδοστρωμάτων γίνεται σήμερα, κυρίως, με ειδικά μηχανήματα (μη καταστροφικές μέθοδοι) και

συνεπικουρικά με δειγματοληπτικούς ελέγχους επί των οδοστρωμάτων(καταστροφικές μέθοδοι).

3.3.1 Φορητή συσκευή μέτρησης αντίστασης σε ολίσθηση (Βρετανικό εκκρεμές)

Το Βρετανικό εκκρεμές, σχεδιάστηκε με σκοπό την ύπαρξη ενός φτηνού και φορητού μηχανήματος για επιτόπου μετρήσεις. Η συσκευή αποτελείται από ένα βραχίονα που φέρει στο άκρο του τυποποιημένο ελαστικό τακούνι. Ο βραχίονας αφήνεται να ταλαντωθεί από την οριζόντια θέση, όπως ένα εκκρεμές, αφού προηγουμένως ρυθμιστεί το ύψος της συσκευής, έτσι ώστε το μήκος της επιφάνειας ολίσθησης του ελαστικού τακουινιού πάνω στην επιφάνεια του οδοστρώματος να είναι συγκεκριμένο.

Λόγω της αντίστασης τριβής που αναπτύσσεται επέρχεται απώλεια της αρχικής δυναμικής ενέργειας με αποτέλεσμα ο βραχίονας να μην επανέρχεται και πάλι στην οριζόντια θέση. Ο βραχίονας παρασύρει μαζί του και ένα δείκτη ο οποίος στο σημείο που σταματά δίνει, από ειδική κλίμακα που βρίσκεται στο αριστερό μέρος της συσκευής, την τιμή αντίστασης σε ολίσθηση (SRV). Η κλίμακα των τιμών είναι από 0 έως 150 μονάδες. Πριν την έναρξη της δοκιμής, η επιφάνεια διαβρέχεται με επαρκή ποσότητα ύδατος. Κατά την εκτέλεση της δοκιμής γίνονται τουλάχιστον τρεις μετρήσεις στο ίδιο σημείο. Ο μέσος όρος τριών συνεχόμενων μετρήσεων που δε διαφέρουν περισσότερο από τρεις μονάδες λαμβάνεται ως αντιπροσωπευτική τιμή του σημείου της μέτρησης. Τα τελικά αποτελέσματα που εξάγονται διορθώνονται ως προς τη θερμοκρασία της επιφάνειας του οδοστρώματος.



Εικόνα. Βρετανικό εκκρεμές

Οι συνθήκες ελέγχου επιλέχθηκαν κατά τέτοιο τρόπο ώστε οι τιμές που λαμβάνονται να αντιστοιχούν με τις τιμές του πλευρικού συντελεστή αντίστασης σε ολίσθηση SFC με ταχύτητα 50km/h (30mph). Μεταξύ των δύο μεθόδων μέτρησης βρέθηκε ότι υπάρχει καλή συσχέτιση με την προϋπόθεση ότι η επιφάνεια έχει μέτρια ή καλή υφή (δηλαδή δεν ισχύει για λείες επιφάνειες). Η μέθοδος μέτρησης της αντίστασης σε ολίσθηση με το εκκρεμές έχει το πλεονέκτημα ότι απαιτεί τη χρήση ασυγκρίτως φθηνότερης συσκευής (5-30 φορές χαμηλότερο το κόστος κτήσης έναντι οποιασδήποτε άλλης συσκευής) και εξάγονται εξίσου αξιόπιστα αποτελέσματα. Πλην όμως, δεν παρέχει την ευχέρεια μέτρησης μεγάλου μήκους οδοστρώματος. Επιπροσθέτως, ο τρόπος μέτρησης φέρει κυκλοφοριακή αναστάτωση (λόγω του ότι θα πρέπει να κλείσει ένα τμήμα της οδού) και παράλληλα είναι και επικίνδυνη για αυτούς που εκτελούν τις μετρήσεις, λόγω πιθανής εκτροπής κάποιου οχήματος, ιδιαίτερα σε σημεία με υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Η πρώτη μορφή ανακύκλωσης των οδοστρωμάτων εμφανίστηκε 80 περίπου χρόνια πριν, πλην όμως η βιομηχανία κατασκευής και συντήρησης των οδοστρωμάτων άρχισε να δίνει ιδιαίτερη έμφαση μόνο μετά την πρώτη ενεργειακή κρίση (1973), η οποία όπως είναι γνωστό επέφερε αύξηση του κόστους των πρώτων υλών (άσφαλτος και αδρανή). Από το 1973 και για μία δεκαετία η έρευνα και η εφαρμογή της ανακύκλωσης παρουσίασε έξαρση σε όλες σχεδόν τις χώρες. Με την πτώση και ομαλοποίηση των τιμών του αργού πετρελαίου στο τέλος της δεκαετίας του '80 η εφαρμογή της ανακύκλωσης σταθεροποιήθηκε. Έτσι, σήμερα χρησιμοποιείται ως ισοδύναμη εναλλακτική λύση για τη συντήρηση, την αποκατάσταση, την ενίσχυση, ή ακόμη και την ανακατασκευή των οδοστρωμάτων. Με δεδομένο το περιβαλλοντικό και ενεργειακό πρόβλημα το οποίο οξύνεται κατά καιρούς, η ανακύκλωση δε θα πάψει να βρίσκει όλο και περισσότερους οπαδούς.

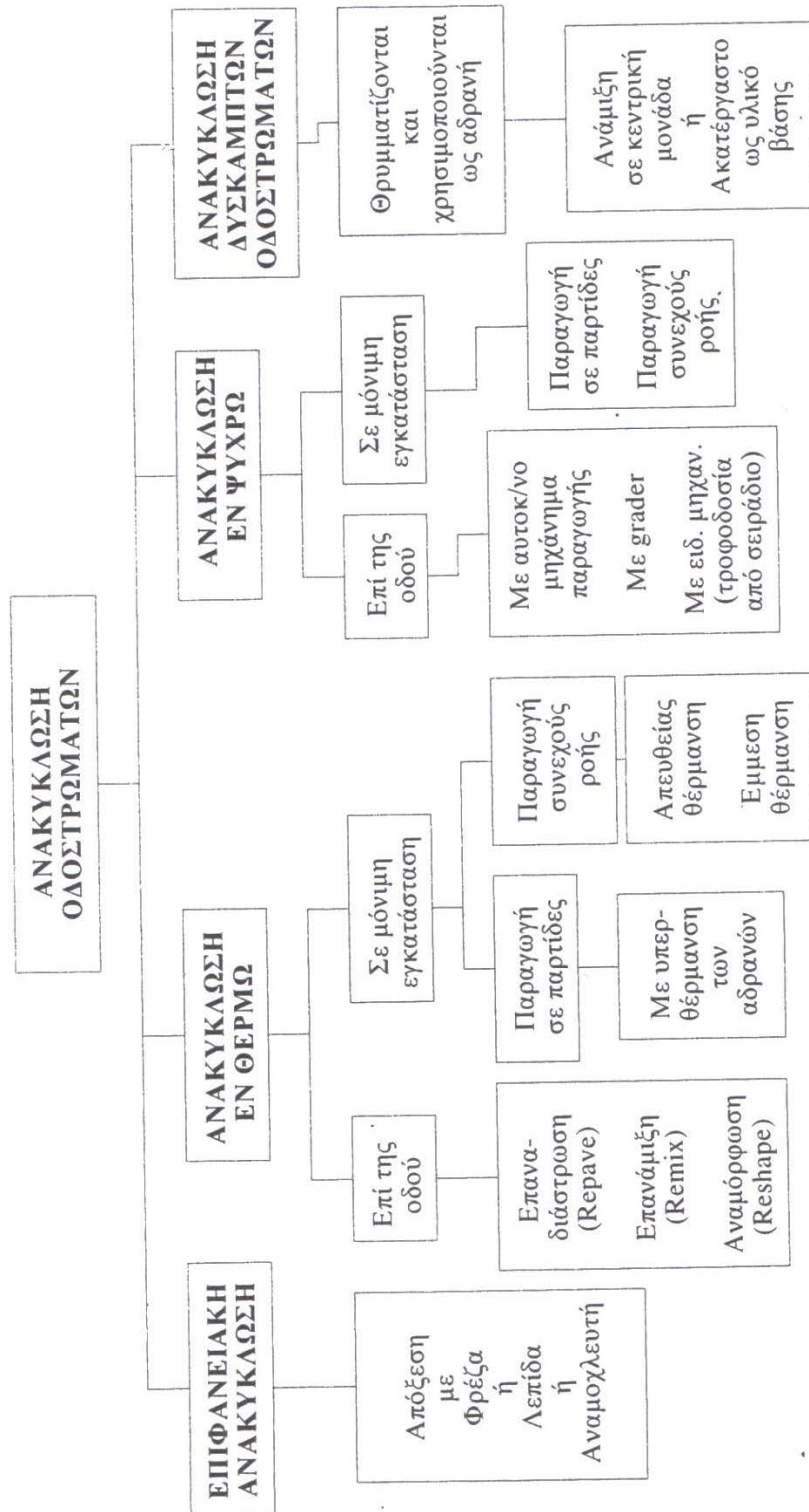
Στην Ελλάδα, η πρώτη δοκιμαστική εφαρμογή ανακύκλωσης έγινε κατά το διάστημα 1984-85. Στα πειραματικά κομμάτια που ανακυκλώθηκαν χρησιμοποιήθηκε η θερμή ανακύκλωση και ειδικότερα οι τεχνικές αναμόρφωσης, αναδιάστρωσης και επανάμιξης⁽¹⁾. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν, μετά από ένα χρόνο χρήσης των ταπήτων κρίθηκαν ικανοποιητικά. Το οικονομικό όφελος έναντι των συμβατικών μεθόδων συντήρησης, στις περισσότερες των θέσεων που εφαρμόστηκε η ανακύκλωση, δεν ήταν εμφανές. Αυτό αιτιολογήθηκε από το γεγονός ότι ήταν πειραματική η εφαρμογή, και ως συνέπεια είχε αυξημένες λειτουργικές δαπάνες. Συμπερασματικά αναφέρθηκε ότι σε ευρείας κλίμακας εφαρμογή της ανακύκλωσης αναμένεται μείωση του κόστους κατασκευής κατά 25%.

Η ανακύκλωση μπορεί να εφαρμοστεί τόσο στις ασφαλτικές στρώσεις όσο και στις στρώσεις από ασύνδετα αδρανή, όπως επίσης και στα δύσκαμπτα οδοστρώματα. Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται αναλυτική αναφορά μόνο στην ανακύκλωση των ασφαλτικών στρώσεων και στην ανακύκλωση του σκυροδέματος των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων, οι οποίες είναι οι δύο πλέον κοινές εφαρμογές της ανακύκλωσης. Η ανακύκλωση των αδρανών υλικών των στρώσεων άνευ συνδετικού υλικού δεν είναι τόσο συνήθης. Συνήθως εφαρμόζεται στις περιπτώσεις ανακατασκευής του οδοστρώματος ή όταν απαιτείται σταθεροποίηση των στρώσεων. Οι διαδικασίες που ακολουθούνται είναι παρόμοιες της κατασκευής ή της σταθεροποίησης αδρανών υλικών για βάσεις και υποβάσεις.

4.1 Κατηγορίες ανακύκλωσης

Η κατηγοριοποίηση των μεθόδων ανακύκλωσης γίνεται σύμφωνα με την τεχνική που χρησιμοποιείται, το είδος των υλικών που πρόκειται να ανακυκλωθούν και το τελικό αποτέλεσμα που προκύπτει (δηλαδή απλή συντήρηση ορισμένων φθορών, βελτίωση της ποιότητας οδήγησης, μετά ή άνευ ενίσχυσης της δομικής αντοχής του οδοστρώματος κλπ.)⁽²⁾. Έτσι, η ανακύκλωση διακρίνεται σε τέσσερις βασικές κατηγορίες: την *επιφανειακή ανακύκλωση*, την *ανακύκλωση εν θερμώ*, την *ανακύκλωση εν ψυχρώ* και την *ανακύκλωση των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων*. Πλην της πρώτης κατηγορίας οι υπόλοιπες τρεις διακρίνονται σε δύο

υποκατηγορίες: την ανακύκλωση επί της οδού ή επί του έργου (recycle in place) και την ανακύκλωση σε μόνιμη εγκατάσταση (recycle in plant). Λεπτομερής σχηματική παράσταση των παραπάνω κατηγοριών, μαζί με τις υποκατηγορίες τους και τον τρόπο παραγωγής των μιγμάτων, δίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 31. Γενικές κατηγορίες ανακύκλωσης

α) Επιφανειακή ανακύκλωση

Επιφανειακή ανακύκλωση ορίζεται η απόξεση και απομάκρυνση του ασφαλτομίγματος σε βάθος μικρότερο των 20-25mm. Το υλικό που εξάγεται συγκεντρώνεται και επαναχρησιμοποιείται για σταθεροποιημένες ή μη σταθεροποιημένες βάσεις, για την κατασκευή ρείθρων ή ακόμη και επιφανειακών στρώσεων αφού πρώτα στο ανακτώμενο υλικό προστεθεί νέο συνδετικό υλικό και νέα αδρανή. Στη θέση της λεπτής στρώσης που αποξηλώθηκε συνήθως διαστρώνεται νέο ασφαλτόμιγμα.

β) Ανακύκλωση εν θερμώ

Ανακύκλωση εν θερμώ, ή θερμή ανακύκλωση, ορίζεται η διαδικασία του κατακερματισμού ή απόξεσης (πλανίσματος) του οδοστρώματος σε βάθος μεγαλύτερο των 20-25mm και εν συνεχεία της ανάμιξης αυτού εν θερμώ επί της οδού, μετά ή άνευ προσθήκης νέων υλικών, ή σε μόνιμη εγκατάσταση με την προσθήκη νέων υλικών.

γ) Ανακύκλωση εν ψυχρώ

Ανακύκλωση εν ψυχρώ, ή ψυχρή ανακύκλωση, ορίζεται η διαδικασία διάσπασης και κατακερματισμού του παλαιού οδοστρώματος σε βάθος μεγαλύτερο των 20-25mm και εν συνεχεία ανάμιξης εν ψυχρώ επί της οδού, με την προσθήκη ασφαλικού γαλακτώματος, ή σε μόνιμη εγκατάσταση, με την προσθήκη νέων υλικών (αδρανή και ασφαλικό γαλάκτωμα).

δ) Ανακύκλωση δύσκαμπτων οδοστρωμάτων

Ανακύκλωση δύσκαμπτων οδοστρωμάτων ορίζεται η διαδικασία θραύσης και κατακερματισμού της πλάκας του δύσκαμπτου οδοστρώματος και η χρησιμοποίηση του κατακερματισμένου σκυροδέματος ως χονδρόκοκκου αδρανούς για την παραγωγή νέου σκυροδέματος ή σταθεροποιημένης ή μη σταθεροποιημένης βάσης.

Μεταξύ των παραπάνω κατηγοριών ανακύκλωσης υπάρχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, τα κυριότερα των οποίων δίνονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 16.1.

Αφού επιλεγεί η ανακύκλωση ως μέθοδος επέμβασης για τη συντήρηση, την αποκατάσταση, την ενίσχυση ή ακόμη και την ανακατασκευή του οδοστρώματος, η επιλογή της κατηγορίας και της υποκατηγορίας (μεθόδου) ανακύκλωσης που θα εφαρμοσθεί εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Οι κυριότεροι των παραγόντων αυτών είναι: η κατάσταση του οδοστρώματος, η κατηγορία της οδού, ο κυκλοφοριακός φόρτος, το ιστορικό του οδοστρώματος (έτος κατασκευής, αριθμός και είδος μεταγενέστερων συντηρήσεων, πάχος στρώσεων κλπ.), το διαθέσιμο κεφάλαιο, ο διαθέσιμος μηχανικός εξοπλισμός, η συμπεριφορά του οδοστρώματος μετά την ανακύκλωση (αναμενόμενα αποτελέσματα) και η εξοικονόμηση ενέργειας. Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου ανακύκλωσης δεν είναι εύκολη υπόθεση διότι εμπλέκονται πολλές παράμετροι οι οποίες σίγουρο είναι ότι μεταβάλλονται από έργο σε έργο.

4.2 Επιφανειακή ανακύκλωση

Η επιφανειακή ανακύκλωση διαφέρει από τις άλλες κατηγορίες ανακύκλωσης δεδομένου ότι ουσιαστικά πρόκειται περί απόξεσης της επιφανειακής στρώσης σε βάθος όχι μεγαλύτερο των 25mm, για να επιδιορθωθούν οι επιφανειακές κακώσεις

όπως πτυχώσεις, αυλακώσεις, ανάδυση ασφάλτου, αποκόλληση αδρανών, έντονη οξειδωση της ασφάλτου και βελτίωση των εγκάρσιων και διαμηκών κλίσεων.

Επί της αποκαλυφθείσης επιφάνειας συνήθως διαστρώνεται νέο θερμό ασφαλτόμιγμα. Το ασφαλτόμιγμα που ανακτάται από την απόξεση συλλέγεται και χρησιμοποιείται ως υλικό βάσεων σταθεροποιημένου ή μη τύπου, ως υλικό για την κατασκευή ρείθρων και σε ορισμένες περιπτώσεις ως υλικό για την κατασκευή επιφανειακών στρώσεων, αφού προηγουμένως προστεθεί σε αυτό νέο συνδετικό υλικό και νέα αδρανή.

Με την επιφανειακή ανακύκλωση, η καλύτερα λόγω της απόξεσης, βελτιώνεται η πρόσφυση της νέας στρώσης πάνω στην παλαιά επιφάνεια, ιδιαίτερα στην περίπτωση των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων, καθώς επίσης δεν αυξάνει αισθητά (ή καθόλου) το επίπεδο της ερυθράς της οδού. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι σε περιπτώσεις όπου εμφανίζεται έντονη αυλάκωση, η επιφανειακή ανακύκλωση δεν είναι η πλέον αποτελεσματική επέμβαση. Επίσης, με την επιφανειακή ανακύκλωση δεν επέρχεται ουσιαστική ενίσχυση του οδοστρώματος.

Η απόξεση της επιφάνειας γίνεται με ειδικά μηχανήματα όπως φρέζα (milling machine), ή λεπιδοφόρο μηχάνημα (όμοιο του grader) (planer) ή ειδικό αναμοχλευτή (scarifier). Ανάλογα με το μηχάνημα και την εποχή που εκτελούνται οι εργασίες, η επιφάνεια του οδοστρώματος θερμαίνεται με ειδικό σύστημα θέρμανσης. Το σύστημα θέρμανσης μπορεί να είναι προσαρτημένο στο μηχάνημα απόξεσης ή να είναι ανεξάρτητο και να αποτελεί από μόνο του ένα άλλο ειδικό μηχάνημα.

4.2.1 Φρέζα

Η φρέζα είναι το περισσότερο κοινό μηχάνημα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάθε μορφή ανακύκλωσης τόσο των ευκάμπτων όσο και των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων. Κινείται πάνω σε τροχούς ή ερπύστριες και φέρει ένα οδοντωτό τύμπανο το οποίο με την περιστροφή του αποξύνει το οδόστρωμα. Το εύρος του τύμπανου κυμαίνεται, αναλόγως του μοντέλου, από περίπου 1 m έως και 3.5m. Συνήθως, προτιμάται το εύρος του τύμπανου να είναι από 1.3 m έως 2.0m.

Ανάλογα με την απόσταση του τύμπανου από την επιφάνεια του οδοστρώματος αλλά και από τον τύπο των κοπτικών εργαλείων (δόντια) που φέρει, καθορίζεται το βάθος του φρεζαρίσματος. Σήμερα υπάρχουν φρέζες που μπορούν να φρεζάρουν σε βάθος μέχρι και 30cm περίπου. Η ταχύτητα κίνησης κατά τη λειτουργία του μηχανήματος, συνήθως 3 έως 12m ανά λεπτό, έχει άμεση σχέση με το βάθος που φρεζάρεται. Όσο μεγαλύτερο είναι το βάθος τόσο μικρότερη είναι η ταχύτητα. Επίσης, όσο μεγαλύτερο είναι το πλάτος και κυρίως το βάθος που μπορεί να φρεζάρει το μηχάνημα τόσο μεγαλύτερο είναι το κόστος αγοράς και συντήρησης αυτού. Μία βέλτιστη λύση είναι ένα μηχάνημα που να μπορεί να φρεζάρει σε πλάτος 1.25m ή 1.9m και βάθος έως και 80mm. Μεγαλύτερα πλάτη και πάχη μπορούν να φρεζαριστούν σε διαδοχικές διελεύσεις.

Το φρεζάρισμα μπορεί να γίνει με την επιφάνεια του οδοστρώματος σε θερμοκρασία περιβάλλοντος ή αφού θερμανθεί η επιφάνεια με ειδικό σύστημα

θέρμανσης. Το τελευταίο δεν είναι τόσο σύνηθες για την Ελλάδα, λόγω των σχετικά υψηλών θερμοκρασιών. Πλην όμως, εργασίες που εκτελούνται τους χειμερινούς μήνες ή όταν ο τάπητας είναι πολύ παλαιός και οξειδωμένος, πιθανόν να απαιτήσουν προθέρμανση της επιφάνειας του οδοστρώματος. Με τη θέρμανση της επιφάνειας, που θα πρέπει να αναφερθεί ότι εφαρμόζεται μόνο στα εύκαμπτα οδοστρώματα, αυξάνεται ελαφρώς η απόδοση του μηχανήματος, μειώνεται η φθορά των κοπτικών εργαλείων και ελαχιστοποιείται η σκόνη που παράγεται κατά το φρεζάρισμα. Στην περίπτωση που το φρεζάρισμα γίνεται εν ψυχρώ, η σκόνη μπορεί να περιοριστεί με τη διαβροχή της επιφάνειας με νερό, λίγο πριν το φρεζάρισμα. Από τις δύο τεχνικές, παρόλο που το φρεζάρισμα εν θερμώ έχει τα προαναφερθέντα πλεονεκτήματα, φαίνεται να προτιμάται η εν ψυχρώ, κυρίως λόγω του μικρότερου συνολικού κόστους της εργασίας φρεζαρίσματος.

Τα *μηχανήματα/συστήματα θέρμανσης* της επιφάνειας, τα οποία μπορεί να είναι ενσωματωμένα με τη φρέζα ή να αποτελούν ένα ξεχωριστό μηχάνημα, είναι βασικά δύο ειδών: α) του υπέρθερμου συμπιεσμένου αέρα και β) των υπέρυθρων ακτίνων (μικροκυμάτων). Στο πρώτο, ο υπέρθερμος αέρας που παράγεται από καύση προπανίου εμφυσάται διαμέσου μεταλλικού πλέγματος στην επιφάνεια του οδοστρώματος. Στο δεύτερο, υπάρχει ικανοποιητικός αριθμός πηγών εκπομπής υπέρυθρων ακτίνων οι οποίες θερμαίνουν την επιφάνεια του οδοστρώματος στην απαιτούμενη θερμοκρασία (συνήθως 80-150°C, αναλόγως της μεθόδου ανακύκλωσης που χρησιμοποιείται). Το σύστημα αυτό είναι σήμερα το συνηθέστερο. Η θερμοκρασία που απαιτείται ρυθμίζεται, και για τα δύο συστήματα, μεταβάλλοντας ανάλογα το ύψος της θερμαντικής εστίας (πλάκας), την ταχύτητα κίνησης του μηχανήματος ή τον αριθμό των θερμαντικών πηγών.

Τα μηχανήματα φρεζαρίσματος, τέλος, έχουν τη δυνατότητα να απομακρύνουν ταυτόχρονα τα υλικά που εξάγονται και να τα φορτώνουν επί αμάξης. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια συστήματος μεταφορικών ταινιών. Τυπικό μηχάνημα φρεζαρίσματος με σύστημα απομάκρυνσης των ανακτημένων υλικών φαίνεται στη παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 32. Τυπικό μηχάνημα φρεζαρίσματος
[70]



Εικόνα 33. Τυπικό μηχάνημα φρεζαρίσματος



Εικόνα 34. Λεπιδοφόρο μηχάνημα

4.2.2 Λεπιδοφόρο μηχάνημα

Το λεπιδοφόρο μηχάνημα είναι ένα grader με ειδικά σκληρυμένη λεπίδα. Η απόξεση με το μηχάνημα αυτό γίνεται σχεδόν πάντοτε αφού η επιφάνεια προθερμανθεί. Ορισμένες μέρες μόνο του καλοκαιριού μπορεί να μη χρησιμοποιηθεί προθέρμανση της επιφάνειας, πλην όμως η απόδοση αλλά και η ποιότητα της εργασίας δεν είναι η ίδια με αυτή εάν είχε προθερμανθεί η επιφάνεια.

Η απόξεση με λεπιδοφόρο μηχάνημα χρησιμοποιείται κυρίως σε περιπτώσεις προσωρινής αποκατάστασης των πτυχώσεων, της παραμόρφωσης του οδοστρώματος ή της ανάδυσης της ασφάλτου, καθώς επίσης και στην αποξήλωση ασφαλικών επαλείψεων και ψυχρών ή θερμών λεπτοταπήτων.

Λεπιδοφόρα μηχανήματα για επιφανειακή ανακύκλωση διατίθενται ως μία μονάδα ή ως δύο, δηλαδή, με το σύστημα θέρμανσης ενσωματωμένο ή ξεχωριστά. Επίσης, σε ορισμένες χώρες διατίθενται τα μηχανήματα αυτά και με σύστημα δόνησης στη λεπίδα. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα μηχανήματα αυτά να είναι σε θέση να αποξύσουν σε βάθος μέχρι και 50 mm, με μεγάλη ευκολία. Ένα άλλο πλεονέκτημα στην περίπτωση χρησιμοποίησης λεπίδας με δόνηση είναι ότι η αποκαλυφθείσα επιφάνεια είναι πιο αδρή με αποτέλεσμα να διασφαλίζεται η πρόσφυση της νέας επίστρωσης.

4.2.3 Αναμοχλευτής επιφάνειας

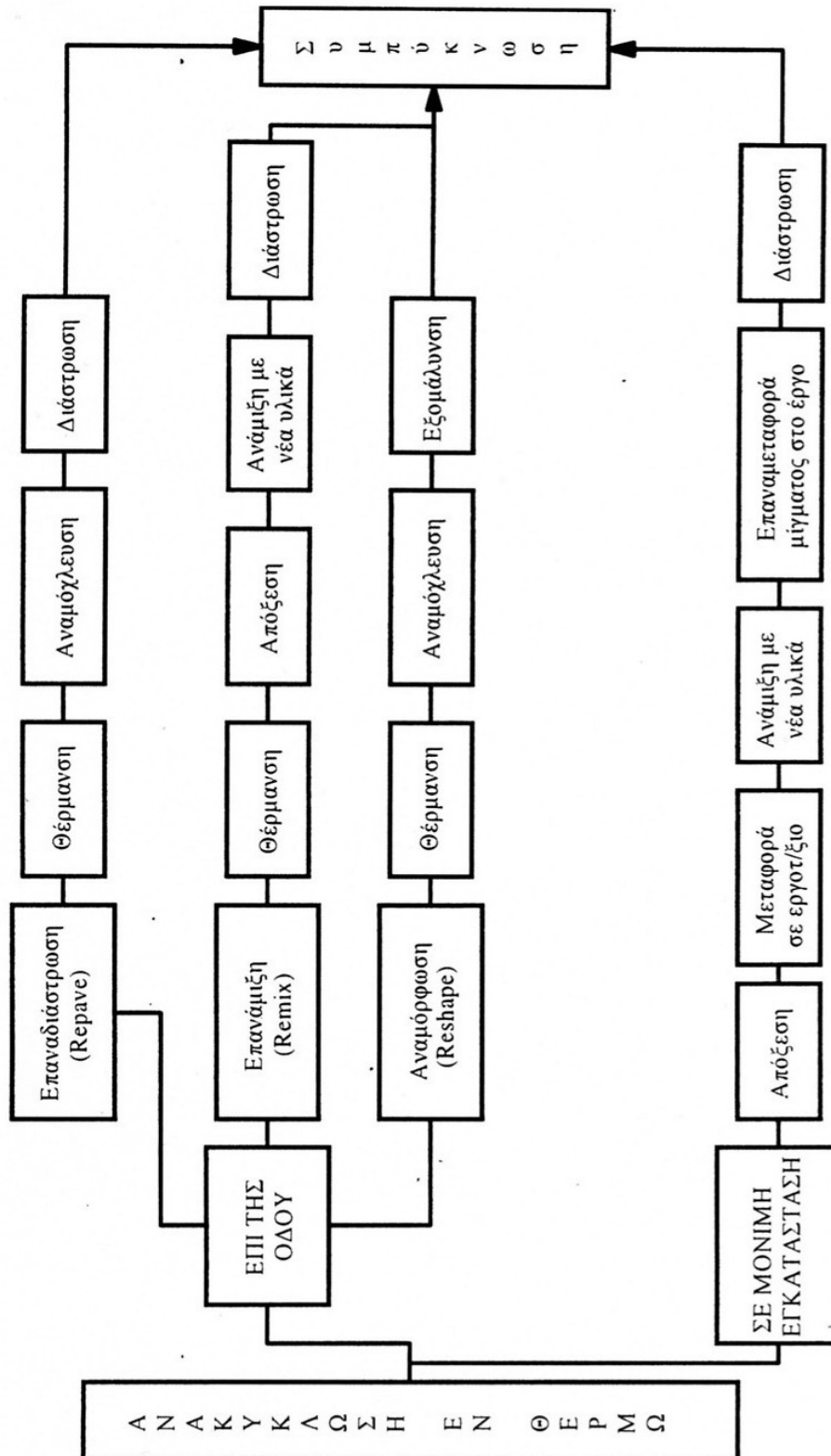
Το ειδικό αυτό μηχάνημα χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση επιφανειακών ανωμαλιών του οδοστρώματος και λειτουργεί σχεδόν πάντοτε σε συνδυασμό με μηχάνημα θέρμανσης της επιφάνειας. Το μηχάνημα φέρει ειδικά κοπτικά εργαλεία που περιστρέφονται στον κάθετο άξονα. Ανάλογα με το ύψος αυτών από την επιφάνεια του οδοστρώματος ρυθμίζεται και το βάθος απόξεσης. Στο μηχάνημα αυτό μπορεί να προσαρμοστεί και σύστημα ταυτόχρονης φόρτωσης των ανακτημένων υλικών σε φορητό.

4.3 Ανακύκλωση εν θερμώ

Η ανακύκλωση εν θερμώ είναι μία από τις κατηγορίες ανακύκλωσης που στο στάδιο της ανάμιξης και της επαναδιάστρωσης των ανακυκλωμένων υλικών απαιτείται θέρμανση αυτών. Χρησιμοποιείται για την αποκατάσταση και ποιοτική αναβάθμιση των παλαιών οδοστρωμάτων. Σε αντίθεση με τις άλλες μορφές ανακύκλωσης, με την ανακύκλωση εν θερμώ βελτιώνεται αισθητά και η αντοχή του οδοστρώματος. Η ανακύκλωση αυτής της μορφής συνήθως εκτελείται στις ασφαλικές στρώσεις, πλην όμως μπορεί να επεκταθεί και στις στρώσεις από ασύνδετα αδρανή. Στην περίπτωση αυτή, στα ασύνδετα αδρανή προστίθεται άσφαλτος και το μίγμα επανατοποθετείται ως σταθεροποιημένη βάση. Έτσι, επέρχεται ουσιαστικότερη ενίσχυση του οδοστρώματος με αποτέλεσμα να μπορεί να παραλάβει μεγαλύτερο αριθμό τυπικών αξόνων.

Η εν θερμώ ανακύκλωση, ουσιαστικά η ανάμιξη του παλαιού ασφαλτομίγματος με τα νέα υλικά, μπορεί να γίνει είτε επί της οδού, είτε σε μόνιμη εγκατάσταση. Οι

εργασίες που εκτελούνται σε κάθε μία των περιπτώσεων αναφέρονται συνοπτικά στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 35. Εργασίες κατά την εκτέλεση ανακύκλωσης εν θερμώ, επί της οδού σε μόνιμη εγκατάσταση.

4.4 Επαναδιάστρωση (Repave)

Η μέθοδος αυτή κερδίζει συνεχώς έδαφος και είναι σήμερα η μέθοδος που προτιμάται από τους περισσότερους οργανισμούς, έναντι των άλλων μεθόδων θερμής ανακύκλωσης επί της οδού. Η προτίμηση οφείλεται στο γεγονός ότι επιτυγχάνεται καλύτερη ποιότητα κατασκευής, λόγω του ότι επί του αναμοχλευμένου παλαιού ασφαλτομίγματος διαστρώνεται και νέο ασφαλτόμιγμα.

Η επιφάνεια του παλαιού οδοστρώματος θερμαίνεται με ένα από τα μηχανήματα που προαναφέρθηκαν (συνήθως στους 110°C-130°C), κατόπιν αναμοχλεύεται σε βάθος συνήθως 20 έως 30mm, εξομαλύνεται και επ' αυτού διαστρώνεται νέο ασφαλτόμιγμα σε ποσότητα τόση όση απαιτείται για την επίτευξη του τελικού επιθυμητού πάχους. Δηλαδή, εάν απαιτείται από τη μελέτη κατασκευή 50mm τάπητα και έχει αναμοχλευθεί ο παλαιός τάπητας σε βάθος 25mm, η ποσότητα του νέου ασφαλτομίγματος είναι τόση όση χρειάζεται για την επίτευξη των επιπλέον 25mm. Αμέσως μετά τη διάστρωση το νέο και το παλιό ασφαλτόμιγμα συμπυκνώνονται μαζί και κατόπιν το οδόστρωμα δίνεται στην κυκλοφορία.

Το μηχάνημα που χρησιμοποιείται στην περίπτωση θερμής ανακύκλωσης με επαναδιάστρωση φέρει χοάνη υποδοχής του έτοιμου ασφαλτομίγματος, σύστημα θέρμανσης της επιφάνειας του οδοστρώματος, αναμοχλευτή ή φρέζα, λεπίδα για την εξομάλυνση της αναμοχλευθείσας επιφάνειας, σύστημα μεταφορικών ταινιών για τη μεταφορά του ασφαλτομίγματος στο δια-στρωτήρα και έναν υδραυλικό διαστρωτήρα (finisher) όμοιο με αυτόν που χρησιμοποιείται σε κάθε εργασία διάστρωσης θερμού ασφαλτομίγματος.



Εικόνα 36. Τυπικό μηχάνημα ανακύκλωσης εν θερμώ με δυνατότητα επαναδιάστρωσης

Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι ότι:

- επέρχεται ουσιαστική οικονομία σε υλικά (της τάξεως του 40% έως 50% περίπου),
- διασφαλίζεται η ποιότητα κατασκευής,
- μπορεί να αποκατασταθεί πλήρως η αντι-ολισθηρή ικανότητα της επιφάνειας (εφ' όσον χρησιμοποιηθεί το κατάλληλο μίγμα ή τεχνική),
- επέρχεται ουσιαστική ενίσχυση του οδοστρώματος,
- δεν εκπέμπονται τόσοι ρύποι στην ατμόσφαιρα (καπνός και σκόνη), όσοι στην περίπτωση της ανακύκλωσης με επανάμιξη,
- επιτυγχάνεται άριστη συγκόλληση της νέας στρώσης με το παλαιό οδόστρωμα και
- μειώνεται το συνολικό κόστος μεταφοράς του ασφαλτομίγματος.

Το μόνο ίσως μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι η παρεμπόδιση της κυκλοφορίας και το υψηλό κόστος κτήσης του ειδικού μηχανήματος που, όπως φαίνεται στη φωτογραφία, έχει τη μορφή συρμού.

4.4.1 Προαπαιτήσεις για την εφαρμογή της επαναδιάστρωσης

Βασική προϋπόθεση για την επιλογή και την αποτελεσματικότητα της μεθόδου αυτής είναι το παλαιό οδόστρωμα, και κατ' επέκταση το παλαιό ασφαλτόμιγμα, να είναι σε σχετικά καλή κατάσταση. Αυτό μπορεί να εκτιμηθεί οπτικά και να επιβεβαιωθεί εργαστηριακά. Οπτικά το οδόστρωμα δε θα πρέπει να παρουσιάζει πρόωρες αυλακώσεις ή/και πτυχώσεις, όπως επίσης και κάθε είδους ρηγματώσεις, ανεξάρτητα του χρόνου εμφάνισης. Οι πρόωρες αυλακώσεις ή/και πτυχώσεις είναι ένδειξη ότι το ασφαλτόμιγμα έχει περίσσεια ασφάλτου ή ότι έχει κακή κοκκομετρική διαβάθμιση. Στην αντίθετη περίπτωση, οι ρηγματώσεις είναι ενδείξεις ότι στο μίγμα υπάρχει έλλειμμα ασφάλτου ή η ασφαλτος έχει οξειδωθεί υπερβολικά. Στη δεύτερη περίπτωση, που ή ασφαλτος έχει οξειδωθεί σε μεγάλο βαθμό, η περαιτέρω θέρμανση του τάπητα θα επιδεινώσει την κατάσταση.

Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται στο εργαστήριο εκτελώντας τους κατάλληλους ελέγχους, αφού προηγουμένως ληφθεί αντιπροσωπευτικός αριθμός δειγμάτων (καρότων) από τον παλαιό τάπητα. Σύμφωνα με τις Βρετανικές προδιαγραφές, οι θέσεις που παρουσιάζουν τα προαναφερθέντα προβλήματα αποκλείονται, όπως επίσης και όταν η δεισδυτικότητα της ανακτώμενης ασφάλτου είναι μικρότερη από 20pen. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι παραπάνω προϋποθέσεις ισχύουν για όλες τις μορφές θερμής ανακύκλωσης επί της οδού.

4.4.2 Επανάμιξη (Remix)

Στην περίπτωση αυτή στο ανακτώμενο παλαιό ασφαλτόμιγμα προστίθεται νέα ασφαλτος και αδρανή, αναμιγνύονται επί της οδού και επαναδιαστρώνονται. Η επανάμιξη χρησιμοποιείται ως εναλλακτική λύση της επα-ναδιάστρωσης. Το σημαντικότερο μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι η ποιότητα και η ομοιομορφία του μίγματος που παράγεται, η οποία δεν μπορεί να είναι τόσο καλή σε σύγκριση με

το μίγμα που παράγεται σε μόνιμη εγκατάσταση. Παράλληλα, και ο ποιοτικός έλεγχος του τελικού μίγματος, στην περίπτωση που προστεθούν νέα υλικά, δεν μπορεί να είναι τόσο αποτελεσματικός. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι όλες οι εργασίες και τα στάδια κατασκευής γίνονται εν κινήσει, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει ο απαιτούμενος χρόνος τροποποίησης της σύνθεσης σε περίπτωση που εξάγονται μη επιθυμητά αποτελέσματα. Έτσι, εξάγεται το συμπέρασμα ότι, όταν η ανακύκλωση γίνεται επί της οδού, θα πρέπει απαραίτητα να γίνεται σχολαστικός προέλεγχος της κατάστασης του παλαιού ασφαλτομίγματος και να διασφαλίζεται η καλή λειτουργία του μηχανήματος.

Το παλαιό ασφαλτόμιγμα, που εξάγεται μετά την απόξεση του οδοστρώματος, προωθείται με τη βοήθεια ατέρμονα κοχλία και λεπίδας με μεταφορική ταινία και μεταφέρεται στον ανάμικτη. Στον ανάμικτη, που συνήθως αποτελείται από δύο οριζόντιους άξονες με πτερύγια, προστίθενται οι προκαθορισμένες από τη σύνθεση ποσότητες αδρανών και ασφάλτου. Το τελικό μίγμα μεταφέρεται με κατάλληλο σύστημα, ή εκβάλλει απευθείας, στο διαστρωτήρα, απ' όπου διαστρώνεται και συμπυκνώνεται. Όλα τα στάδια των εργασιών γίνονται από ένα συρμό μηχανημάτων, ενώ η τροφοδοσία των αδρανών γίνεται από φορτηγά, τα οποία εκφορτώνουν στο εμπρόσθιο μέρος του συρμού. Η τροφοδοσία της ασφάλτου γίνεται από δεξαμενή που είναι τοποθετημένη σε κατάλληλο σημείο του συρμού. Επίσης ο συρμός φέρει και σύστημα θέρμανσης των αδρανών, πριν αυτά διοχετευθούν στον ανάμικτη. Το μηχανήμα που χρησιμοποιείται για την ανακύκλωση με επανάμιξη είναι το ίδιο με αυτό που χρησιμοποιείται και στην επαναδιάστρωση, με μόνη τη διαφορά ότι σε αυτό προσαρμόζεται το σύστημα ανάμιξης.

Οι προϋποθέσεις που πρέπει να υφίστανται για να εκτελεσθεί η επανάμιξη είναι όμοιες αυτών της επαναδιάστρωσης. Με την επανάμιξη μπορούν να αποκατασταθούν αποτελεσματικά οι κλίσεις, μειώνεται το κόστος μεταφοράς του ασφαλτο μίγματος (η μείωση είναι της ίδιας περίπτωσης τάξεως όπως και στην επαναδιάστρωση), πλην όμως η παρενόχληση της κυκλοφορίας που επέρχεται είναι μεγαλύτερη.

4.4.3 Αναμόρφωση (Reshape)

Κατά την αναμόρφωση δεν προστίθεται κανένα νέο υλικό ή ασφαλτόμιγμα. Απλά η επιφανειακή στρώση αναμοχλεύεται σε βάθος 30-40mm περίπου και επαναδιαστρώνεται. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται αποκλειστικά και μόνο για την αποκατάσταση κατασκευαστικών κακοτεχνιών (κλίσεις, επιπεδότητα κλπ.) με τη βασική προϋπόθεση ότι το ασφαλτόμιγμα είναι σύμφωνο με τη μελέτη σύνθεσης και η ασφαλτος δεν έχει οξειδωθεί υπερβολικά. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι λόγω των παραπάνω προϋποθέσεων η μέθοδος αυτή δεν είναι και τόσο διαδεδομένη όσο οι προηγούμενες δύο.

Η αναμόχλευση γίνεται με τα ίδια μηχανήματα που περιγράφηκαν παραπάνω, αφού η επιφάνεια θερμανθεί στους 130°C περίπου. Η διάστρωση γίνεται συνήθως με grader, όταν πρόκειται για μη κύριες οδούς, ή με δια-στρωτήρα (finisher) για όλες τις

υπόλοιπες κατηγορίες οδών. Το μηχάνημα που χρησιμοποιείται στη δεύτερη περίπτωση είναι αυτό που χρησιμοποιείται για την επαναδιάστρωση.

4.4.4 Ανακύκλωση εν θερμώ σε μόνιμη εγκατάσταση

Η ανακύκλωση εν θερμώ σε μόνιμη εγκατάσταση είναι η μέθοδος που εφαρμόστηκε με την εμφάνιση της ανακύκλωσης στις αρχές του εικοστού αιώνα. Ως εκ τούτου, υπάρχει σήμερα μεγαλύτερη εμπειρία από οποιαδήποτε άλλη μέθοδο θερμής ανακύκλωσης.

Με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται η καλύτερη δυνατή ποιότητα μίγματος και κατά συνέπεια καλή ποιότητα κατασκευής. Άλλα πλεονεκτήματα της θερμής ανακύκλωσης σε μόνιμη εγκατάσταση είναι:

- επιδιορθώνονται όλες οι επιφανειακές φθορές του τάπητα,
- επέρχεται ουσιαστική βελτίωση της δομικής ικανότητας του οδοστρώματος,
- αποκαθίστανται οι κλίσεις του οδοστρώματος και
- αποκαθίσταται πλήρως η αντλιοσθηρή ικανότητα της επιφάνειας.

Το βασικό μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι αυξάνεται αισθητά το κόστος μεταφοράς του ασφαλτο μίγματος και πιθανόν να προκαλεί μεγαλύτερη ατμοσφαιρική ρύπανση στην περιοχή που βρίσκεται η μονάδα παραγωγής. Επίσης, η παρεμπόδιση της κυκλοφορίας είναι μεγαλύτερη σε σύγκριση με τις άλλες μεθόδους θερμής ανακύκλωσης.

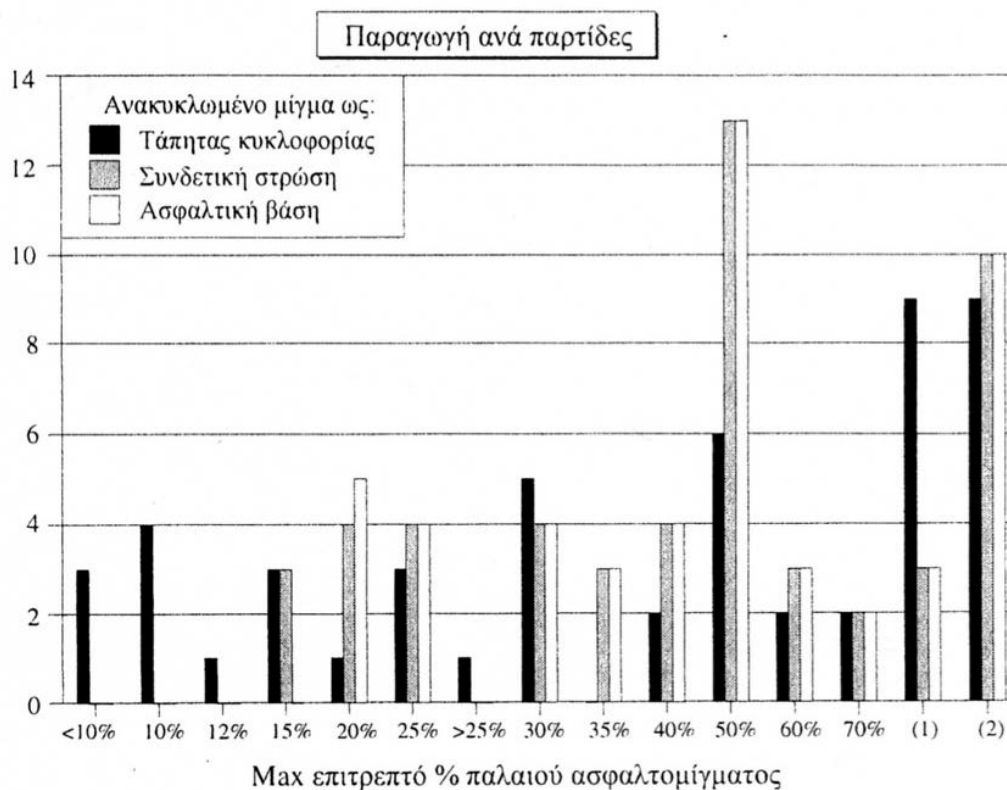
Κατά τη μέθοδο αυτή, το παλαιό ασφαλτόμιγμα αποξηλώνεται, συνήθως με φρέζα, και μεταφέρεται στο χώρο όπου υπάρχει εγκατεστημένη η μόνιμη μονάδα παραγωγής ασφαλτομίγματος. Το παλαιό ασφαλτόμιγμα μπορεί να αποθηκεύεται σε σωρούς ή να ανακυκλώνεται αμέσως. Πριν την ανακύκλωση αυτού ελέγχεται εάν το μεγαλύτερο αποξηλωθέν "κομμάτι" ασφαλτομίγματος ξεπερνά τα 37.5mm ή το πολύ τα 50mm, σε μέγιστη διάμετρο. Εάν τα κομμάτια του ασφαλτομίγματος έχουν μεγαλύτερη διάμετρο, το παλαιό ασφαλτόμιγμα θραύεται και κοσκινίζεται έτσι ώστε όλα τα κομμάτια να διέρχονται από κόσκινο 50mm. Η περαιτέρω θραύση του παλαιού ασφαλτομίγματος είναι απολύτως αναγκαία όταν η αποξήλωση γίνεται με grader.

Μετά την παραπάνω προετοιμασία του μίγματος ένα ποσοστό του παλαιού ασφαλτομίγματος αναμιγνύεται με νέα άσφαλτο και αδρανή, έτσι ώστε το τελικό μίγμα να έχει τις ιδιότητες του επιθυμητού ασφαλτομίγματος.

Το ποσοστό του παλαιού ασφαλτομίγματος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή νέου ανακυκλωμένου ασφαλτομίγματος εξαρτάται από τρεις βασικούς παράγοντες:

- την κατάσταση του παλαιού ασφαλτομίγματος,
- το μίγμα που πρόκειται να παραχθεί
- τον τύπο της μονάδας παραγωγής που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί και
- σε ποια στρώση πρόκειται να χρησιμοποιηθεί.

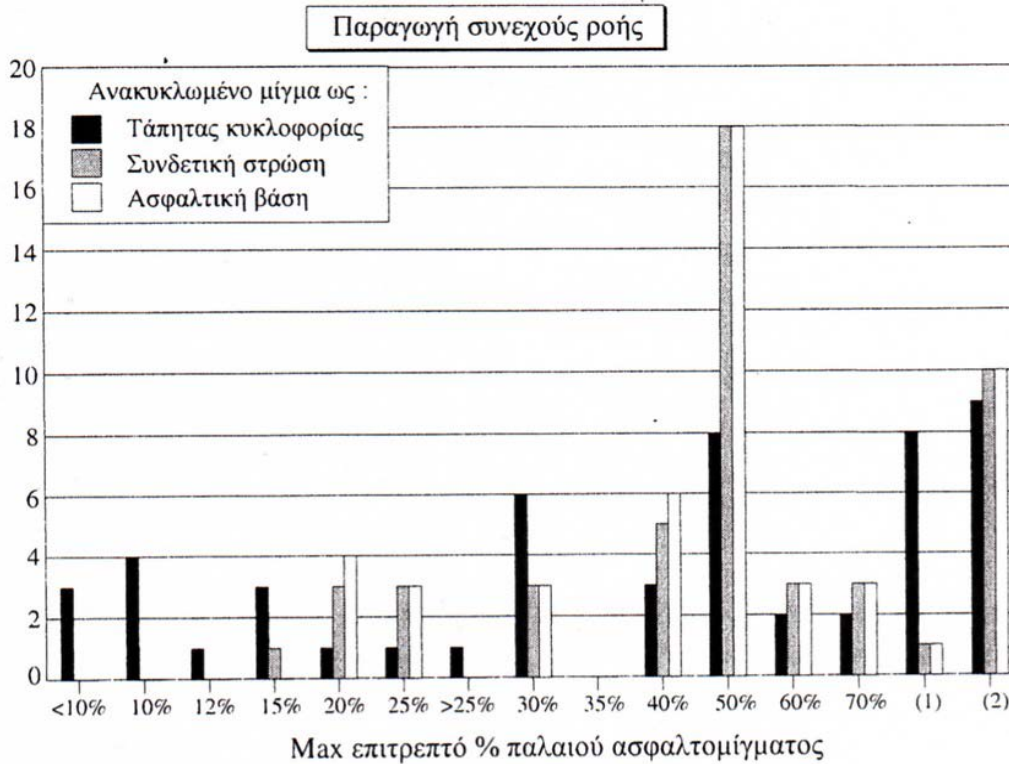
Συνήθως, μικρότερο ποσοστό παλαιού ασφαλτομίγματος χρησιμοποιείται όταν το ανακυκλωμένο νέο ασφαλτόμιγμα πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε τάπητες κυκλοφορίας και μεγαλύτερο όταν αυτό πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε ασφαλική βάση. Επίσης, τα συγκροτήματα συνεχούς ροής (ανάμιξη με τύμπανο), μετά από κάποια τροποποίηση, μπορούν να αναμείξουν μεγαλύτερη ποσότητα παλαιού ασφαλτομίγματος, σε αντίθεση με τα συγκροτήματα παράγωγης αναπαρτίδες .



Εικόνα 37. Μέγιστα επιτρεπτά % ανακτηθέντος παλαιού ασφαλτομίγματος στο τελικό ανακυκλωθέν ασφαλτόμιγμα, παραγωγή ανά παρτίδες.

Ορισμένες χώρες, ανεξάρτητα με τα παραπάνω, για τη διασφάλιση του τελικού προϊόντος, επιβάλλουν και μέγιστο επιτρεπτό ποσοστό παλαιού ασφαλτομίγματος που μπορεί να περιέχεται στο ανακυκλωμένο ασφαλτόμιγμα. Έτσι στην Αγγλία το ποσοστό αυτό είναι 60% και στην Ολλανδία, ειδικά για επιφανειακές στρώσεις, είναι 25%. Στις ΗΠΑ το μέγιστο επιτρεπτό ποσοστό μεταβάλλεται από πολιτεία σε πολιτεία, πλην όμως οι περισσότερες φαίνεται να χρησιμοποιούν το 70%, ιδιαίτερα όταν η παραγωγή γίνεται σε συγκρότημα συνεχούς παραγωγής με τύμπανο. Στα παρακάτω σχήματα δίνεται ο αριθμός των πολιτειών με το αντίστοιχο μέγιστο επιτρεπτό ποσοστό που προδιαγράφεται, αναλόγως του πού πρόκειται να χρησιμοποιηθεί το μίγμα και σε τι συγκρότημα παράγεται. Η ένδειξη (1) αναφέρεται στον αριθμό των πολιτειών που δεν έχουν προδιαγραφές για ανακυκλωμένα μίγματα, ενώ η ένδειξη (2) αναφέρεται στον αριθμό των πολιτειών που δεν επιβάλλουν μέγιστα επιτρεπτά όρια.

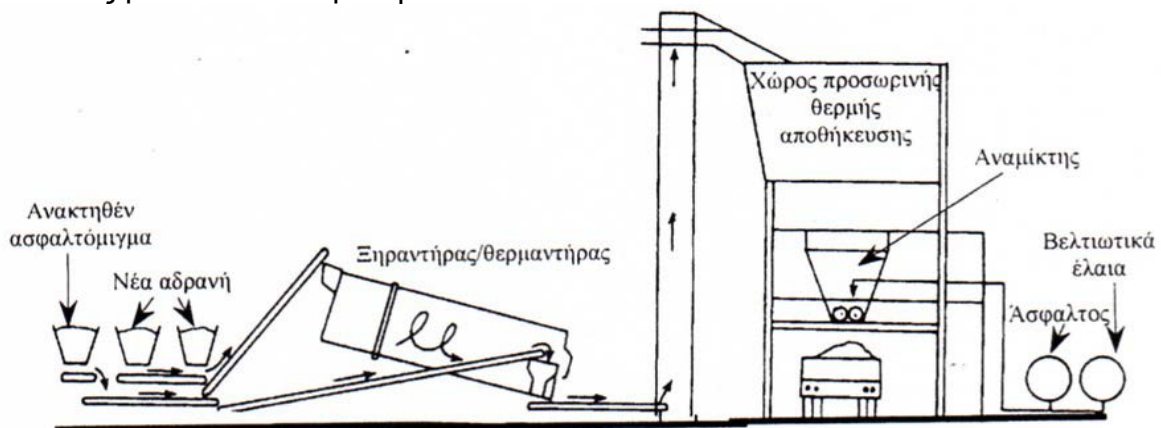
Γενικά, στις υπόλοιπες χώρες που χρησιμοποιούν θερμή ανακύκλωση, πλην των ΗΠΑ, το μέγιστο επιτρεπτό ποσοστό κυμαίνεται από 40% έως 60%.



Εικόνα 38. Μέγιστα επιτρεπτά % ανακτηθέντος παλαιού ασφαλτομίγματος στο τελικό ανακυκλωθέν ασφαλτόμιγμα, παραγωγή σε συγκρότημα συνεχούς ροής.

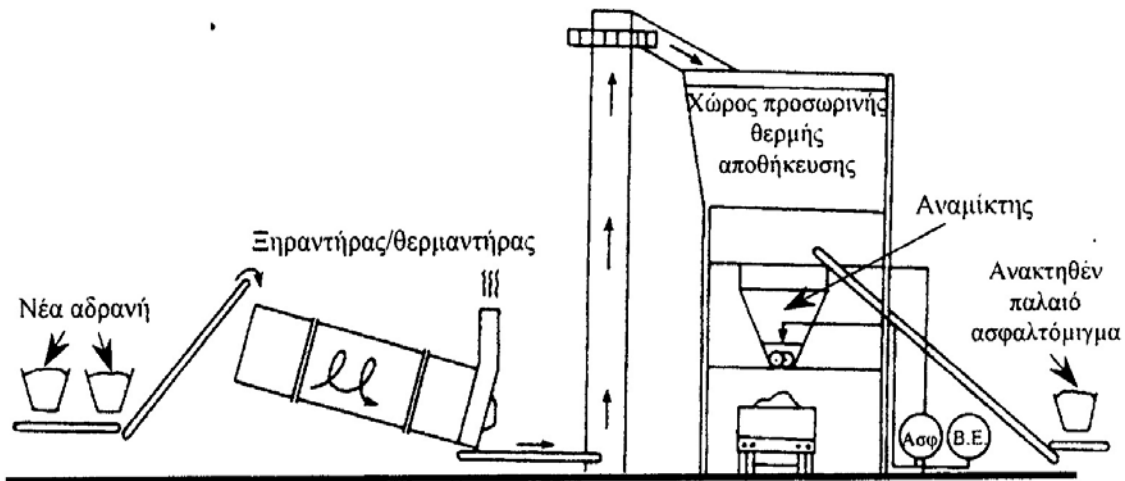
4.4.6 Παραγωγή σε συγκρότημα παραγωγής ανά παρτίδες

Η παραγωγή του ανακυκλωμένου μίγματος σε συγκρότημα παραγωγής ανά παρτίδες γίνεται με την υπερθέρμανση των αδρανών και κατόπιν την προσθήκη του παλαιού ασφαλτομίγματος δίχως αυτό να θερμανθεί. Η προσθήκη του παλαιού ασφαλτομίγματος γίνεται είτε αμέσως μετά το θερμαντήρα των αδρανών, είτε απευθείας μέσα στον ανάμικτη.

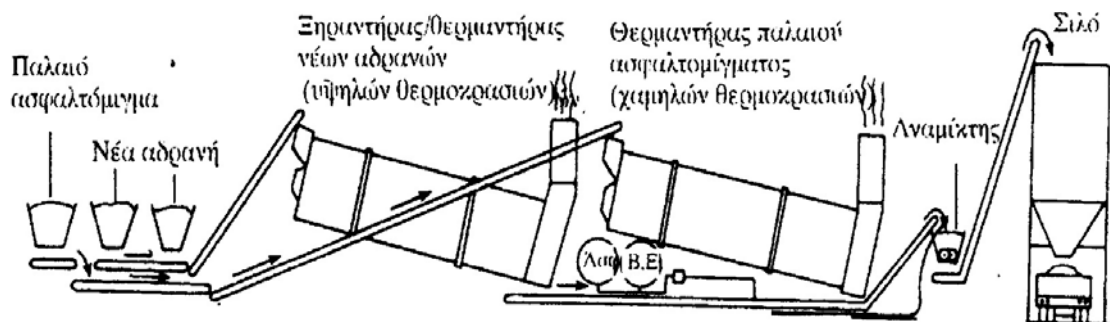


Εικόνα 39. Τυπικό συγκρότημα ανακύκλωσης ανά παρτίδες, προσθήκη παλαιού ασφαλτομίγματος στο τέλος του τύμπανου

Και στις δύο περιπτώσεις η θέρμανση του παλαιού ασφαλτομίγματος γίνεται με εναλλαγή θερμοκρασίας. Ο τρόπος αυτός της παραγωγής έχει το πλεονέκτημα ότι εκμηδενίζει την πιθανότητα δημιουργίας του ρυπογόνου "μπλε" καπνού (blue smoke) που παράγεται κατά την υπερθέρμανση της ασφάλτου, πλην όμως έχει το μειονέκτημα να διατηρεί τα αδρανή για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στον κύλινδρο μέχρι να υπερθερμανθούν, με αποτέλεσμα να μειώνεται η ωριαία/ημερήσια παραγωγή του συγκροτήματος. Επίσης, δεδομένου ότι η θέρμανση του παλαιού ασφαλτομίγματος γίνεται έμμεσα με εναλλαγή της θερμότητας, η ποσότητα του παλαιού ασφαλτομίγματος που μπορεί να προστεθεί περιορίζεται. Είναι ευρέως αποδεκτό ότι η μέγιστη ποσότητα που μπορεί να προστεθεί είναι το 50% του τελικού ασφαλτομίγματος που πρόκειται να παραχθεί ανά παρτίδα. Ένα άλλο μειονέκτημα που έχει αναφερθεί^ο από τη χρήση αυτού του τύπου συγκροτήματος για τη θερμή παραγωγή ανακυκλωμένου ασφαλτομίγματος, είναι η γρήγορη φθορά που υφίσταται το τύμπανο θέρμανσης και τα φίλτρα, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που χρησιμοποιούνται κατά τη λειτουργία.



Εικόνα 40. Τυπικό συγκρότημα ανακύκλωσης ανά παρτίδες, προσθήκη παλαιού ασφαλτομίγματος στον ανάμικτη



Εικόνα 41. Τροποποιημένο συγκρότημα παραγωγής ανακυκλωμένου ασφαλτομίγματος ανά παρτίδες

Για να παρακαμφθούν τα παραπάνω προβλήματα, ορισμένοι παραγωγοί χρησιμοποιούν σήμερα ένα τροποποιημένο συγκρότημα παραγωγής ανά παρτίδες, όπως αυτό που φαίνεται στο Σχήμα 16.7. Στο συγκρότημα αυτό υπάρχουν δύο τύμπανα, το ένα για την ξήρανση και θέρμανση των αδρανών σε υψηλές θερμοκρασίες και το άλλο για την προθέρμανση του παλαιού ασφαλτομίγματος. Για την προθέρμανση του παλαιού ασφαλτομίγματος χρησιμοποιούνται τα καυσαέρια από το πρώτο τύμπανο.

4.4.7 Παραγωγή σε συγκρότημα παραγωγής συνεχούς ροής

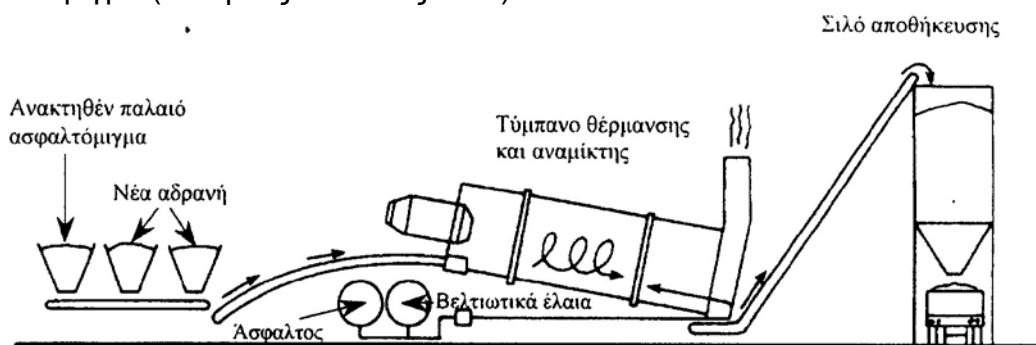
Η παραγωγή ανακυκλωμένου ασφαλτομίγματος σε συγκρότημα παραγωγής συνεχούς ροής γίνεται με την προσθήκη του παλαιού ασφαλτομίγματος απευθείας μέσα στο τύμπανο ξήρανσης/θέρμανσης των αδρανών. Αυτό έχει το μειονέκτημα της δημιουργίας "μπλε" καπνού λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται.

Για την ανακύκλωση χρησιμοποιούνται δύο τύποι συγκροτημάτων συνεχούς ροής, της απευθείας θέρμανσης και της έμμεσης θέρμανσης.

4.4.7.1 Συγκρότημα παραγωγής απευθείας θέρμανσης

Στο συγκρότημα απευθείας θέρμανσης το προς ανακύκλωση ασφαλτόμιγμα προστίθεται μαζί με τα αδρανή στο περιστρεφόμενο τύμπανο θέρμανσης και όλα μαζί αναμιγνύονται μέσα στο τύμπανο. Το παλιό ασφαλτόμιγμα έρχεται σε άμεση επαφή με τη θερμαντική φλόγα και τις πολύ υψηλές θερμοκρασίες με αποτέλεσμα να παράγονται ανεπιθύμητοι ρύποι ("μπλε" καπνός). Για τον περιορισμό της ανάπτυξης του "μπλε" καπνού χρησιμοποιούνται διάφορα συστήματα μείωσης αυτού, όπως προστατευτική ασπίδα διασκορπισμού της θερμότητας, ή εισαγωγή ψυχρού αέρα για τη μείωση των αναπτυσσομένων θερμοκρασιών σε θερμοκρασία κάτω των 450°C. Ο τύπος αυτός του συγκροτήματος έχει τη δυνατότητα να παράγει ανακυκλωμένο ασφαλτόμιγμα στο οποίο το ανακτημένο παλιό ασφαλτόμιγμα συμμετέχει σε ποσοστό πάνω από 70%.

Ένας άλλος τρόπος μείωσης των ρύπων είναι η τροφοδότηση του μίγματος προς ανακύκλωση στο μέσο του τύμπανου. Η τροποποίηση αυτή επιφέρει μικρή μείωση στο ποσοστό συμμετοχής του παλαιού ασφαλτομίγματος στο ανακυκλωμένο ασφαλτόμιγμα (συνήθως 60% έως 70%).



Εικόνα 42. Συγκρότημα συνεχούς ροής για παραγωγή ανακυκλωμένου ασφαλτομίγματος

Τροποποίηση του παραπάνω αρχικού συστήματος είναι η χρήση δύο ομόκεντρων τύμπανων (τύμπανο μέσα σε τύμπανο), όπου τα αδρανή ξηραίνονται, θερμαίνονται στο εσωτερικό μικρό τύμπανο και εκχέονται στο μεγάλο εξωτερικό τύμπανο όπου συναντούν το ανακτημένο ασφαλτόμιγμα. Το σύστημα αυτό μπορεί να παράγει ανακυκλωμένο ασφαλτόμιγμα στο οποίο το παλιό ανακτημένο συμμετέχει σε ποσοστό 50%-60%.



Εικόνα 43. Συγκρότημα συνεχούς ροής για παραγωγή ανακυκλωμένου ασφαλτομίγματος με τροφοδότηση στο μέσο του τυμπάνου

4.4.7.2 Συγκρότημα παραγωγής με έμμεση θέρμανση

Στο συγκρότημα παραγωγής με έμμεση θέρμανση χρησιμοποιούνται σωλήνες εναλλαγής θερμότητας οι οποίοι είναι περιμετρικά τοποθετημένοι στο τύμπανο, Σχήμα 16.10. Στους σωλήνες κυκλοφορούν υπέρθερμα αέρια και έτσι το μίγμα δεν έρχεται σε άμεση επαφή με τη θερμαντική φλόγα. Το σύστημα αυτό έχει το πλεονέκτημα ότι εκμηδενίζει την εκπομπή ρύπων και λέγεται ότι μπορεί να ανακυκλώσει ποσοστά παλαιού ασφαλτομίγματος μέχρι και 100%.



Εικόνα 44. Συγκρότημα συνεχούς ροής με έμμεση θέρμανση για την παραγωγή ανακυκλωμένου ασφαλτομίγματος

Τέλος, κατά τη θερμή ανακύκλωση και ανεξάρτητα του συγκροτήματος που χρησιμοποιείται, θα πρέπει η υγρασία του ανακτημένου ασφαλτομίγματος να είναι όσο το δυνατόν χαμηλότερη ή μηδενική. Η υπερβολική υγρασία μειώνει την αποδοτικότητα της εναλλαγής της θερμότητας και επηρεάζει την ποιότητα του τελικού μίγματος.

4.5 Ανακύκλωση εν ψυχρώ

Η ανακύκλωση εν ψυχρώ είναι η κατηγορία της ανακύκλωσης στην οποία σε κανένα στάδιο των εργασιών δεν απαιτείται θέρμανση των υλικών. Τα εν ψυχρώ ανακυκλωμένα μίγματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μίγματα για την κατασκευή υποβάσεων, βάσεων και συνδετικών στρώσεων, ανεξαρτήτως κυκλοφοριακού φόρτου, και ως μίγματα για επιφανειακές στρώσεις σε οδούς με μικρή έως μέση κυκλοφορία. Η συνηθέστερη εφαρμογή τους είναι να χρησιμοποιούνται ως μίγματα βάσεων και συνδετικών στρώσεων, επί των οποίων διαστρώνεται στρώση από θερμό ασφαλτόμιγμα. Επίσης, στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται ως μίγματα επιφανειακών στρώσεων, είναι αναγκαίο η επιφάνεια τους να καλύπτεται με απλή ασφαλτική επάλειψη.

Με την ανακύκλωση εν ψυχρώ επιτυγχάνεται μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας, μικρότερο κόστος κατασκευής και αποφεύγεται η ατμοσφαιρική ρύπανση. Το τελευταίο είναι και ο κυριότερος λόγος για τον οποίο συνήθως επιλέγεται προς αποκατάσταση ή συντήρηση των οδοστρωμάτων σε αστικές περιοχές. Όλα τα παραπάνω τεκμηριώνονται και από τα αποτελέσματα πρόσφατης εφαρμογής στην Αγγλία.

Το συνδετικό υλικό που χρησιμοποιείται είναι κατ' αποκλειστικότητα το ασφαλτικό γαλάκτωμα (κατά προτίμηση κατιονικού τύπου) και η ανακύκλωση μπορεί να γίνει είτε επί της οδού είτε σε μόνιμη εγκατάσταση. Τα στάδια των εργασιών που περιλαμβάνονται ανά υποκατηγορία ανακύκλωσης εν ψυχρώ, συνοψίζονται στο παρακάτω σχήμα.

4.5.1 Ανακύκλωση εν ψυχρώ επί της οδού

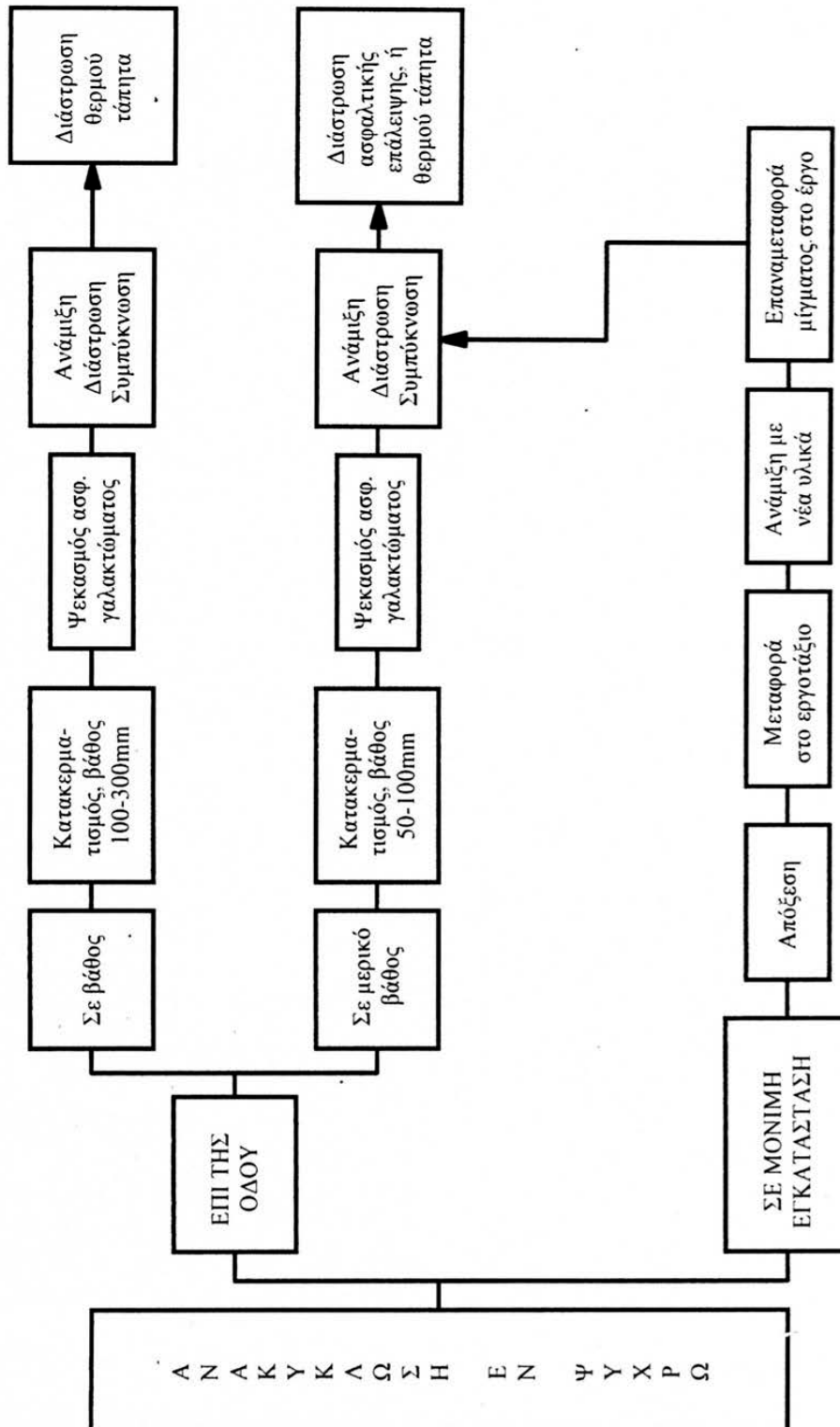
Η ανακύκλωση εν ψυχρώ επί της οδού είναι η πλέον συνήθης μορφή ψυχρής ανακύκλωσης και συνίσταται στη διάσπαση και κατακερματισμό του οδοστρώματος (δίχως την προθέρμανση της επιφάνειας), την προσθήκη συνήθως μόνο ασφαλτικού γαλακτώματος, την ανάμιξη και τη διάστρωση του τελικού προϊόντος. Διακρίνεται σε δύο υποκατηγορίες:

- την ανακύκλωση σε βάθος και
- την ανακύκλωση σε μερικό βάθος.

Στην πρώτη περίπτωση, όλες οι ασφαλτικές στρώσεις και ένα μέρος της βάσης από ασύνδετα αδρανή, ήτοι συνολικό βάθος από 100mm έως 300mm, κατακερματίζονται σε τεμάχια μέγιστης διάστασης περίπου 50mm και επί αυτών ψεκάζεται ασφαλτικό γαλάκτωμα. Το τελικό προϊόν, μετά την ανάμιξη, λαμβάνεται ως υλικό για την κατασκευή σταθεροποιημένης βάσης. Σε ορισμένες περιπτώσεις είναι πιθανόν να προστίθεται και μικρή ποσότητα νέων αδρανών.

Στην περίπτωση της ανακύκλωσης σε μερικό βάθος, μόνο ένα μέρος των ασφαλτικών στρώσεων, συνήθως 50mm έως 100mm, κατακερματίζεται και ανακυκλώνεται. Μετά την προσθήκη ασφαλτικού γαλακτώματος το τελικό προϊόν

χρησιμοποιείται ως υλικό επιφανειακής στρώσης ή ως υλικό βάσης. Η υποκατηγορία αυτή της ανακύκλωσης κερδίζει συνεχώς έδαφος και είναι σήμερα η πλέον διαδεδομένη στην κατηγορία της ψυχρής ανακύκλωσης.



Εικόνα 45. Εργασίες κατά την εκτέλεση ανακύκλωσης εν ψυχρώ, επί της οδού και σε μόνιμη εγκατάσταση

Η εν ψυχρώ ανακύκλωση επί της οδού περιλαμβάνει τα εξής βασικά στάδια:

1. κατακερματισμό του παλαιού οδοστρώματος,
2. προσθήκη ασφαλικού γαλακτώματος,
3. προσθήκη νέων αδρανών (συνήθως μόνο στην περίπτωση ανάμιξης σε μόνιμο συγκρότημα),
4. ανάμιξη,
5. διάστρωση,
6. αερισμό του μίγματος,
7. συμπύκνωση,
8. ωρίμανση και
9. διάστρωση τάπητα ή ασφαλικής επάλειψης.

4.5.1 Κατακερματισμός, ανάμιξη και διάστρωση

Τα στάδια (1) έως και (5) μπορούν να εκτελεστούν μεμονωμένα από κατάλληλα μηχανήματα, αλλά και από ένα μόνο ειδικό μηχάνημα.

Στην περίπτωση που οι εργασίες γίνονται μεμονωμένα, τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται για τη διάσπαση και κατακερματισμό του οδοστρώματος μπορεί να είναι ένα grader, ή μία μπουλντόζα με δόντια, ή ένα ρίπερ, μαζί με έναν αναμοχλευτή με κοπτικά εργαλεία που περιστρέφονται στον κάθετο άξονα και τεμαχίζουν το μίγμα σε μικρότερα κομμάτια, ή από μόνη της μία φρέζα.

Τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται για την ανάμιξη και τη διάστρωση μπορεί να είναι στην απλούστερη περίπτωση ένα grader, ή ένα αυτοκινούμενο μηχάνημα παραγωγής και διάστρωσης με τροφοδοσία από χοάνη υποδοχής, ή ένα αυτοκινούμενο μηχάνημα ανάμιξης και διάστρωσης με τροφοδοσία από σειράδιο.

Επίσης, για την ανακύκλωση επί της οδού εν ψυχρώ υπάρχουν και ειδικές φρέζες οι οποίες παράλληλα με το φρεζάρισμα κάνουν και την ανάμιξη. Το παραγόμενο μίγμα βγαίνει από το μηχάνημα σε σειράδιο, το παραλαμβάνει η μηχανή διάστρωσης και το διαστρώνει. Η διάταξη αυτή χρησιμοποιείται ευρέως σήμερα για την ανακύκλωση σε μερικό βάθος. Παραλλαγή του παραπάνω μηχανήματος φρέζας/ανάμιξης και το μηχάνημα που παράλληλα κάνει και τη διάστρωση του μίγματος φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

Τέλος, οι παραπάνω εργασίες μπορούν να γίνουν από ένα και μόνο μηχάνημα (γνωστό ως συρμός ή τρένο), το οποίο επιπλέον φέρει και ειδικό σπαστήρα για την περαιτέρω μείωση των τεμαχίων του ανακτώμενου ασφαλτομίγματος. Το μηχάνημα αυτό, εκτός του ότι είναι ογκώδες και συνεπώς δεν είναι τόσο ευέλικτο όσο όλα τα άλλα, έχει το μειονέκτημα ότι είναι πολύ ακριβό στην κτήση του και στο κόστος συντήρησής του.



Εικόνα 46. Ειδική φρέζα με δυνατότητα ανάμιξης για ανακύκλωση της οδού εν ψυχρώ



Εικόνα 47. Ειδική φρέζα με δυνατότητα ανάμιξης και διάστρωσης για ανακύκλωση της οδού εν ψυχρώ

4.5.2 Αερισμός και συμπύκνωση

Ορισμένα ψυχρά ανακυκλωμένα ασφαλτομίγματα, ιδιαίτερα αυτά που παρασκευάζονται με ανιονικό γαλάκτωμα, χρειάζονται αερισμό για την εξάτμιση κάποιας ποσότητας ύδατος πριν τη συμπύκνωση. Στις περιπτώσεις αυτές, το ανακυκλωμένο ασφαλτόμικσμα τοποθετείται σε σειράδια επί της οδού και με τη βοήθεια grader διαστρώνεται σε αλληπάλληλες λεπτές στρώσεις μέχρις ότου επιτευχθεί το επιθυμητό συνολικό πάχος. Το πάχος της κάθε στρώσης είναι συνήθως δύο φορές η μέγιστη διάμετρος του κόκκου στο μίγμα. Μίγματα στα οποία δεν απαιτείται αερισμός διαστρώνονται στο επιθυμητό συνολικό πάχος και κατόπιν συμπυκνώνονται.

Η συμπύκνωση των ψυχρών ανακυκλωμένων ασφαλτομιγμάτων γίνεται όπως και στα ψυχρά ασφαλτομίγματα με παρθένα υλικά. Σε όλες τις περιπτώσεις το συνολικό πάχος της στρώσης, για αποτελεσματική συμπύκνωση, συνιστάται να μην ξεπερνά τα 75mm, όταν τα μίγματα είναι κλειστού τύπου και τα 150mm, όταν τα μίγματα είναι ανοιχτού τύπου.

4.5.3 Ωρίμανση και διάστρωση τάπητα ή ασφαλικής επάλειψης

Στα ανακυκλωμένα ψυχρά ασφαλτομίγματα απαιτείται πάντοτε η κάλυψη αυτών με θερμό ασφαλτοτάπητα, στις περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται σε περιοχές με βαριά κυκλοφορία, ή με απλή ασφαλική επάλειψη. Η εκτέλεση των παραπάνω εργασιών θα πρέπει να γίνεται μετά την πάροδο κάποιου χρονικού διαστήματος, κατά τη διάρκεια του οποίου η συνολική υγρασία που εμπεριέχεται στο μίγμα μειώνεται στο 1 % με 2%. Το χρονικό αυτό διάστημα εξαρτάται από την εποχή εκτέλεσης των εργασιών ανακύκλωσης. Όταν αυτές εκτελούνται κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών, η επικάλυψη της ανακυκλωθείσης επιφάνειας με τάπητα ή ασφαλική επάλειψη μπορεί να γίνει μετά από δύο εβδομάδες μετά την περάτωση των εργασιών. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις ή όταν βρέξει κατά το διάστημα αναμονής, το χρονικό διάστημα αυξάνει σε ένα περίπου μήνα. Ο λόγος που αφήνεται κάποιο διάστημα για να αποβάλλει το μίγμα την υγρασία του είναι αποκλειστικά και μόνο για να μπορέσει το μίγμα να ανακτήσει το μέγιστο της ευστάθειας του. Το στάδιο αυτό είναι γνωστό ως στάδιο ωρίμανσης του μίγματος.

4.6 Ανακύκλωση εν ψυχρώ σε μόνιμη εγκατάσταση

Κατά την ανακύκλωση σε μόνιμη εγκατάσταση το μίγμα που αποξηλώθηκε μεταφέρεται στο χώρο που υπάρχει εγκαταστημένη η μονάδα παραγωγής, αναμιγνύεται με νέα αδρανή υλικά και γαλάκτωμα και επαναδιαστρώνεται. Ανάλογα με το μηχάνημα που χρησιμοποιείται κατά την αποξήλωση, το μίγμα πιθανόν να χρειαστεί περαιτέρω θραύση πριν το στάδιο της ανάμιξης. Περαιτέρω θραύση απαιτείται όταν η αποξήλωση γίνεται με grader ή με οδοντωτό μηχάνημα αποξήλωσης. Η αποξήλωση με φρέζα μπορεί να κατατεμαχίσει το μίγμα σε κομμάτια κατάλληλων διαστάσεων (όχι μεγαλύτερα των 50mm) έτσι ώστε να μην απαιτείται περαιτέρω θραύση. Σε περίπτωση που απαιτείται θραύση, ο κατάλληλος σπαστήρας είναι αυτός με σφυριά και όχι ο σιαγονοφόρος.

Οι ποσότητες των νέων υλικών που προστίθενται καθορίζονται μετά από ανάλυση του ανακτηθέντος ασφαλτομίγματος και σε συνδυασμό με τον τύπο του ασφαλτομίγματος που αποφασίζεται να παραχθεί. Η διαδικασία ανάμιξης είναι ακριβώς όμοια με τη διαδικασία που ακολουθείται στα ψυχρά ασφαλτομίγματα.

Αερισμός του μίγματος στην περίπτωση αυτή δεν είναι τόσο συνήθης όσο στην ανάμιξη επί της οδού. Εάν απαιτηθεί, αυτή γίνεται κατά τον ίδιο τρόπο όπως περιγράφηκε παραπάνω. Η διάστρωση του ανακυκλωμένου ψυχρού ασφαλτομίγματος γίνεται συνήθως με τους συμβατικούς διαστρωτήρες (finishers). Η συμπύκνωση, τέλος, του ανακυκλωμένου ασφαλτομίγματος γίνεται κατά τον ίδιο τρόπο όπως σε όλα τα ψυχρά ασφαλτομίγματα.

Με την ανακύκλωση σε μόνιμη εγκατάσταση επιτυγχάνεται καλύτερης ποιότητας ασφαλτομίγμα. Αυτό οφείλεται όχι μόνο στο γεγονός ότι προστίθενται καινούργια υλικά αλλά και στο ότι υπάρχει καλύτερος ποιοτικός έλεγχος τόσο του ανακτηθέντος μίγματος όσο και του τελικού προϊόντος. Όπως σε όλα τα ψυχρά ανακυκλωθέντα ασφαλτομίγματα, συνιστάται η επικάλυψη αυτών με θερμό ασφαλτοτάπητα, στην περίπτωση εφαρμογής τους σε δρόμους βαριάς κυκλοφορίας, ή με απλή ασφαλική επάλειψη.

4.7 Καταλληλότητα ασφαλτομιγμάτων προς ανακύκλωση

Τα ανακυκλωμένα ασφαλτομίγματα, για να είναι αποδεκτά, θα πρέπει να έχουν παρόμοια συμπεριφορά με τα συμβατικά ασφαλτομίγματα, όπως επίσης, θα πρέπει να τεκμηριώνεται και το κοστολογικό όφελος που προέρχεται από αυτά. Για την ικανοποίηση των παραπάνω αιτημάτων θα πρέπει το ανακτώμενο ασφαλτόμιγμα να είναι σε τέτοια κατάσταση ώστε η προσθήκη των νέων παρθένων υλικών να μπορεί να δώσει μίγμα με καλές μηχανικές ιδιότητες. Όσον αφορά το κοστολογικό όφελος, αυτό θα τεκμηριώνεται ευκολότερα όσο μεγαλύτερη είναι η συμμετοχή του ανακτώμενου παλαιού ασφαλτομίγματος στο ανακυκλωμένο ασφαλτόμιγμα.

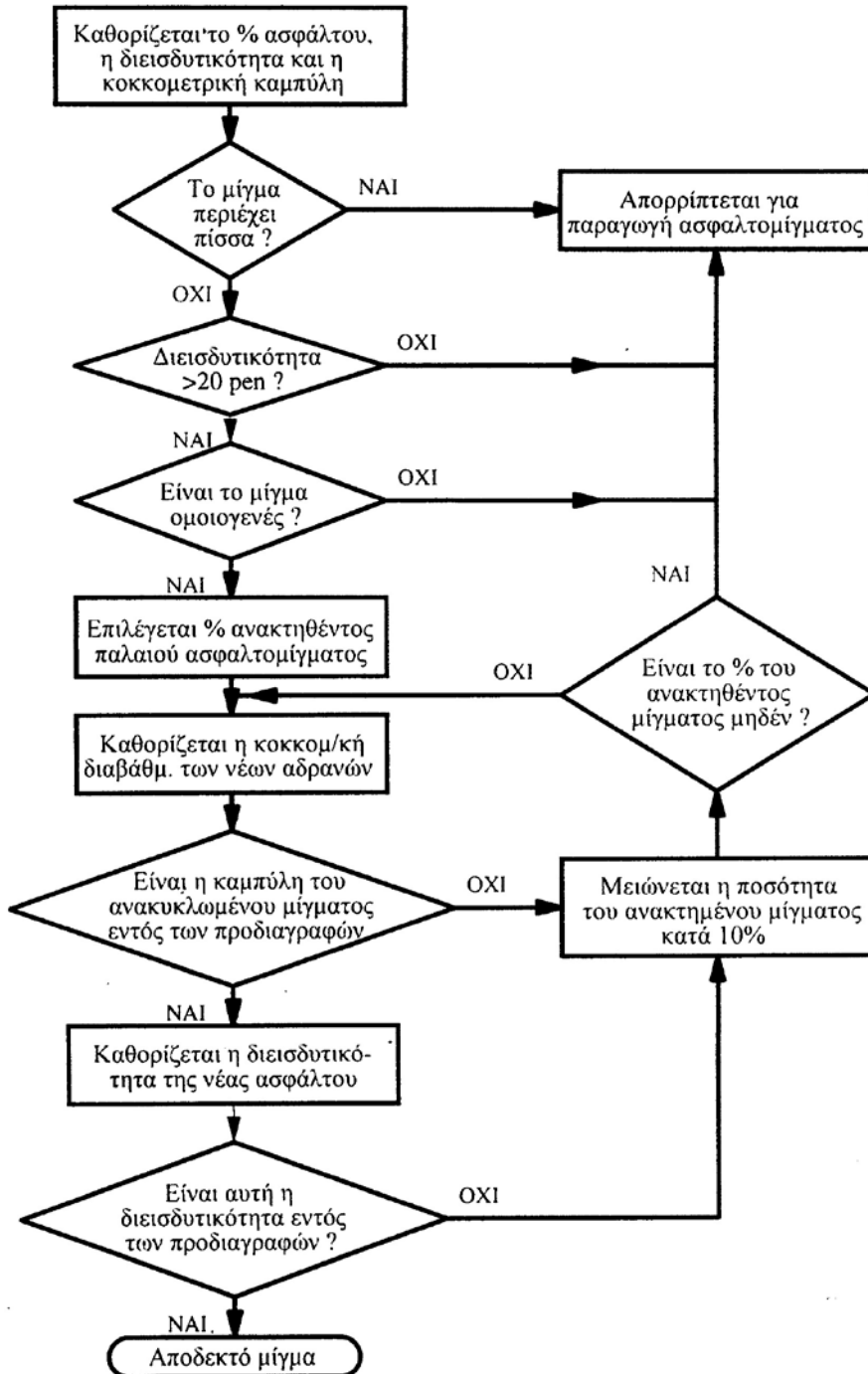
Οι έλεγχοι που γίνονται στο προς ανακύκλωση ασφαλτόμιγμα είναι απλοί και συνίστανται:

- στον έλεγχο της διεισδυτικότητας και του ιξώδους της ανακτηθείσης ασφάλτου
- στον έλεγχο της κοκκομετρικής διαβάθμισης των αδρανών και
- στον καθορισμό της περιεκτικότητας ασφάλτου στο μίγμα.

Η ανάκτηση της ασφάλτου από το ασφαλτόμιγμα γίνεται σύμφωνα με την προδιαγραφή AASHTO T 170⁽¹⁴⁾, ενώ ο καθορισμός της κοκκομετρικής καμπύλης και της περιεκτικότητας ασφάλτου γίνεται με τις συνήθεις μεθόδους εκχύλισης.

Ο έλεγχος της διεισδυτικότητας καθορίζει το βαθμό οξειδωσης της ασφάλτου, γεγονός που καθορίζει εάν το παλαιό ασφαλτόμιγμα μπορεί να ανακυκλωθεί εν θερμώ για την κατασκευή επιφανειακής στρώσης και, σε ορισμένες περιπτώσεις, ακόμη και για την κατασκευή ασφαλικών βάσεων. Είναι σαφές ότι η θέρμανση του

μίγματος, κυρίως κατά την αποκοπή, σκληραίνει περαιτέρω την ασφάλτο, με αποτέλεσμα, εάν χρησιμοποιηθεί παλιό ασφαλτόμιγμα με πολύ οξειδωμένη ασφάλτο, το ανακυκλωμένο ασφαλτόμιγμα να είναι εύθρυπτο. Οι Βρετανικές προδιαγραφές συνιστούν την απόρριψη του μίγματος προς ανακύκλωση εάν η δεισδυτικότητα της ανακτώμενης ασφάλτου είναι μικρότερη από 20pen.



Εικόνα 48. Λογικό διάγραμμα εξέτασης καταλληλότητας παλαιού ασφαλτομίγματος για ανακύκλωση εν θερμώ.

Ο έλεγχος του ιξώδους (ASTM D 2171'), παρόλο που και αυτός μπορεί να δώσει πληροφορίες για το βαθμό οξειδωσης της ασφάλτου, χρησιμοποιείται από ορισμένες μεθοδολογίες κυρίως για τον καθορισμό του τύπου της ασφάλτου που πρόκειται να προστεθεί.

Η κοκκομετρική ανάλυση των αδρανών του ανακτηθέντος μίγματος όπως και ο καθορισμός της περιεκτικότητας της ασφάλτου στο μίγμα εκτελείται για να καθοριστούν οι ποσότητες και οι αναλογίες των νέων αδρανών και η ποσότητα της νέας ασφάλτου, που πρόκειται να προστεθούν κατά την ανακύκλωση. Επιπρόσθετοι έλεγχοι όπως, για τον καθορισμό της μηχανικής συμπεριφοράς των αδρανών και της ασφάλτου του ανακτώμενου μίγματος, μπορεί να απαιτηθούν, ειδικά σε έργα ανακύκλωσης μεγάλης έκτασης και όταν οι συνθήκες του έργου είναι ιδιόζουσες (μεγάλος κυκλοφοριακός φόρτος, θερμοκρασίες περιβάλλοντος, σκοπός της ανακύκλωσης κλπ.).

Βασικότερη προϋπόθεση για την αξιολόγηση της καταλληλότητας του ασφαλτομίγματος προς ανακύκλωση είναι και η ομοιομορφία ή μη-μεταβλητότητά του. Αυτή διασφαλίζει τη σταθερότητα της ποιότητας του ανακυκλωθέντος μίγματος. Έτσι, τμήματα του οδικού δικτύου στα οποία το ασφαλτόμιγμα παρουσιάζει συχνές εναλλαγές δε θα πρέπει να θεωρούνται αβίαστα υποψήφια για ανακύκλωση. Μεταβολή της ομοιομορφίας του ασφαλτομίγματος μπορεί να προέλθει και από τον τρόπο απόρριψης / αποθήκευσης ανακτημένων μιγμάτων. Ανακτηθέντα μίγματα από διάφορα έργα θα πρέπει να αποθηκεύονται σε διαφορετικούς σωρούς και να μην αναμιγνύονται. Για την αποφυγή πιθανής ανάμιξης των ανακτηθέντων μιγμάτων συνιστάται όπως η ανακτηθείσα ποσότητα ασφαλτομίγματος από κάθε έργο ανακυκλώνεται το συντομότερο δυνατό.

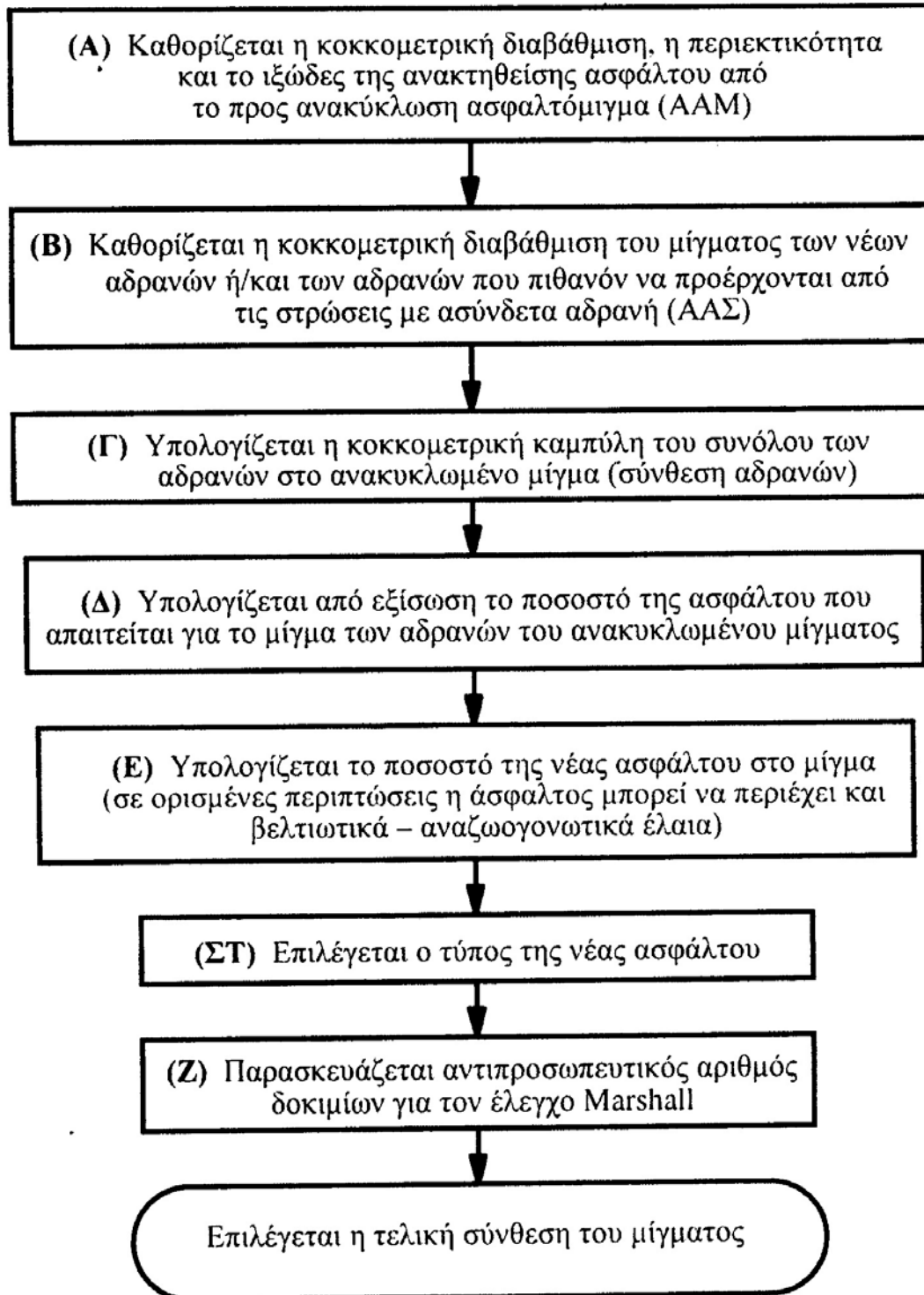
Η διαδικασία εξέτασης της καταλληλότητας των προς ανακύκλωση ασφαλτομιγμάτων διαφέρει από χώρα σε χώρα. Μία από τις διαδικασίες που χρησιμοποιούνται είναι αυτή που προτείνεται από τις Βρετανικές προδιαγραφές και η οποία επεξηγείται στο λογικό διάγραμμα του παρακάτω σχήματος. Από τη διαδικασία αυτή καθορίζονται επίσης και οι αναλογίες των υλικών που πρόκειται να προστεθούν.

4.8 Σύνθεση ανακυκλωμένου εν θερμώ μίγματος

Για τη σύνθεση των ανακυκλωμένων εν θερμώ ασφαλτομιγμάτων κάθε χώρα ακολουθεί τη δική της μεθοδολογία. Σε όλες τις μεθοδολογίες, αφού προηγουμένως αποφασισθεί ο τύπος του ανακυκλωμένου ασφαλτομίγματος που πρόκειται να παραχθεί, πρωταρχικός παράγοντας είναι να καθορισθεί το ποσοστό συμμετοχής του ανακτηθέντος ασφαλτομίγματος στο τελικό μίγμα (ανακυκλωμένο μίγμα) και ο τύπος της νέας ασφάλτου. Από το ποσοστό συμμετοχής του ανακτηθέντος μίγματος εξαρτάται και καθορίζεται τόσο το ποσοστό των νέων αδρανών (μίγματος αδρανών) όσο και το ποσοστό της νέας ασφάλτου, που πρόκειται να προστεθούν. Μετά τον καθορισμό των παραπάνω μεγεθών ακολουθεί η παρασκευή δοκιμίων για τον έλεγχο του τελικού ασφαλτομίγματος. Ο έλεγχος αυτός γίνεται σύμφωνα με τη μεθοδολογία που ακολουθείται.

4.8.1 Η Μέθοδος του Asphalt Institute

Για τη σύνθεση ανακυκλωμένων εν θερμώ ασφαλτομιγμάτων κατά τη μέθοδο του Asphalt Institute ακολουθούνται τα βήματα που δίνονται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 49. Λογικό σύνθεσης ανακυκλωμένου ασφαλτομίγματος εν θερμώ, κατά τη μέθοδο σύνθεσης του Asphalt Institute.

Η μέθοδος αυτή ξεχωρίζει τα αδρανή σε τρεις κατηγορίες: στα αδρανή που εμπεριέχονται στο προς ανακύκλωση ασφαλτόμιγμα (AAM), στα νέα αδρανή που πρόκειται να προστεθούν (NA) και στα αδρανή που πιθανό να προέρχονται από ανακύκλωση των στρώσεων άνευ συνδετικού υλικού (ΑΑΣ). Οι τρεις αυτές κατηγορίες θα πρέπει να συντεθούν έτσι ώστε να δώσουν κοκκομετρική καμπύλη εντός των προδιαγραφών για το επιθυμητό ανακυκλωμένο μίγμα που πρόκειται να παραχθεί.

Μετά τον καθορισμό της τελικής κοκκομετρικής καμπύλης του μίγματος των αδρανών στο ανακυκλωμένο μίγμα, υπολογίζεται (ουσιαστικά εκτιμάται) το ποσοστό της ασφάλτου (P_a) που απαιτείται για την παραπάνω κοκκομετρική καμπύλη του μίγματος (βήμα Δ). Ο υπολογισμός αυτός γίνεται με τη βοήθεια της εξίσωσης:

$$P_a = 0,035a + 0,045b + cK + F$$

Όπου

P_a = κατά προσέγγιση ποσοστό ασφάλτου στο ανακυκλωμένο μίγμα, κατά βάρος ασφαλτομίγματος, %

a = ποσοστό αδρανών συγκρατούμενο στο κόσκινο 2.36mm, %

b = ποσοστό αδρανών διερχόμενο από το κόσκινο 2.36mm και συγκρατούμενο στο κόσκινο 75μμι, %

c = ποσοστό παιπάλης (διερχόμενα από το κόσκινο 75μμι), %

K = 0.15 όταν το διερχόμενο % από το κόσκινο 75μμι είναι > 10% -15% 0.18 όταν το διερχόμενο % από το κόσκινο 75μμι είναι 5%-10% 0.20 όταν το διερχόμενο % από το κόσκινο 75μμι είναι <5%

F = 0% έως 2.0%, αναλόγως της απορροφητικότητας των αδρανών. Εάν δεν υπάρχουν δεδομένα χρησιμοποιείται το 0.7%.

Κατόπιν υπολογίζεται (εκτιμάται) το ποσοστό της νέας ασφάλτου (P_{va}) που πρέπει να προστεθεί στο μίγμα. Το ποσοστό αυτό υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$P_{va} = \frac{[(100^2 - rP_{ααμ})P_a]}{[100(100 - P_{ααμ})]} - \frac{100 - rP_{ααμ}}{100 - P_{ααμ}}$$

όπου

P_{va} = ποσοστό νέας ασφάλτου, κατά βάρος ασφαλτομίγματος, %

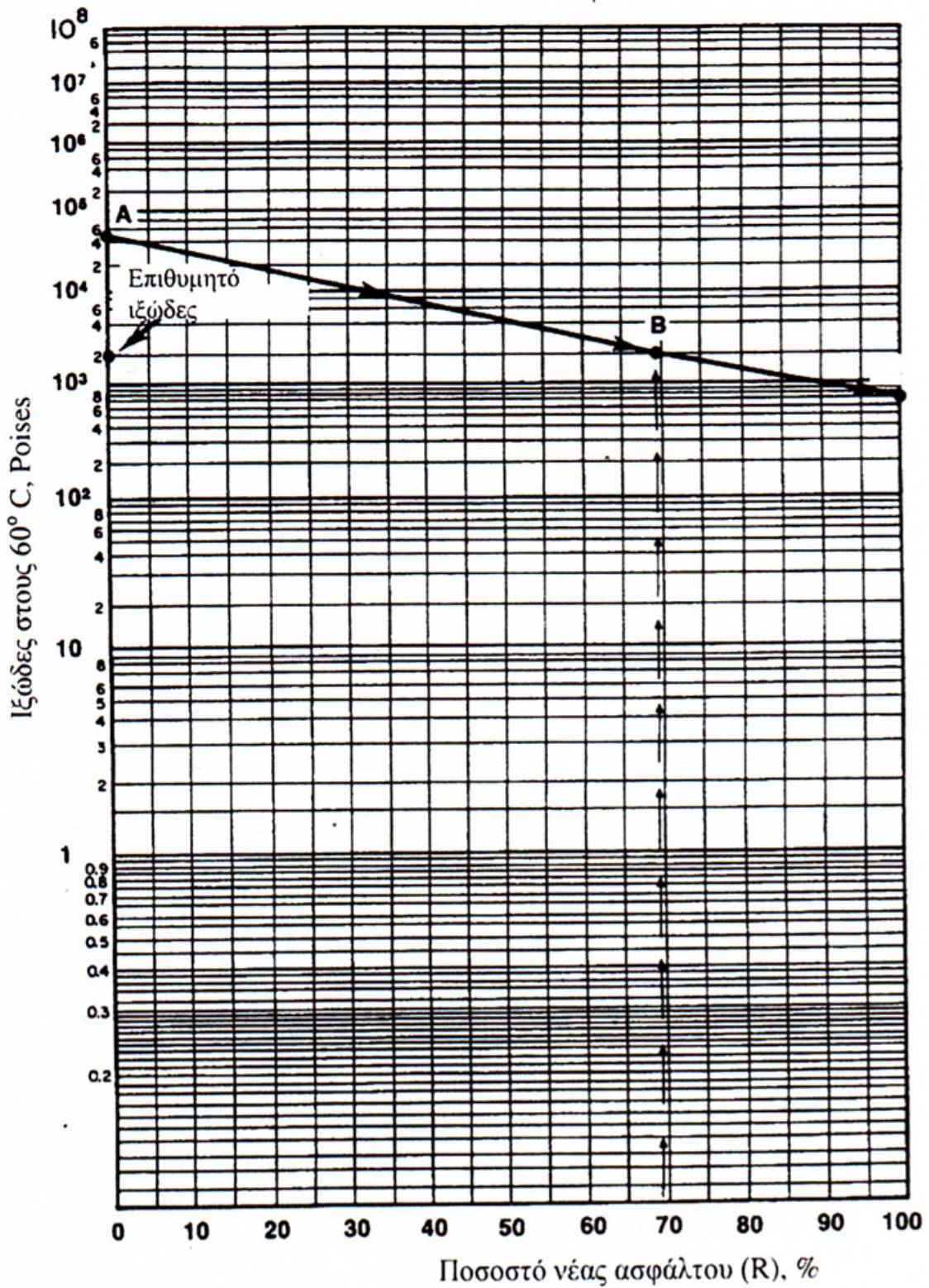
r = ποσοστό νέων αδρανών, κατά βάρος μίγματος αδρανών (συμπεριλαμβάνονται και τα αδρανή που προέρχονται από τις στρώσεις με ασύνδετα αδρανή, εάν χρησιμοποιηθούν), %

$P_{ααμ}$ = ποσοστό ασφάλτου στο προς ανακύκλωση ασφαλτόμιγμα, %

P_a = από την παραπάνω εξίσωση, %

Η επιλογή του τύπου της νέας ασφάλτου γίνεται βάσει του ιξώδους αυτής, με τη βοήθεια του ημιλογαριθμικού χάρτη που δίνεται στην εικόνα 50. Για τον υπολογισμό του ιξώδους της νέας ασφάλτου θα πρέπει να είναι γνωστό το ιξώδες της ασφάλτου

στο ανακτηθέν προς ανακύκλωση ασφαλτόμιγμα, το ποσοστό της νέας ασφάλτου κατά βάρος της συνολικής ποσότητας ασφάλτου (R) και το επιθυμητό ιξώδες του τελικού μίγματος των ασφάλτων (νέας και παλαιάς) στους 60°C.



Εικόνα 50. Ημι-λογαριθμικός χάρτης για τον υπολογισμό του ιξώδους της νέας ασφάλτου

Το ιξώδες της ασφάλτου στο προς ανακύκλωση παλαιό ασφαλτόμιγμα καθορίζεται στο εργαστήριο, έστω 5×10^4 poises, σημείο Α στον άξονα Ψ, εικόνα 50. Το ποσοστό της νέας ασφάλτου κατά βάρος της συνολικής ασφάλτου (R) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$R = \frac{100 P_{να}}{P_{α}}$$

Το επιθυμητό ιξώδες του μίγματος των ασφάλτων στους 60°C , είναι συνήθως η μέση τιμή του ιξώδους της ασφάλτου που κανονικά θα χρησιμοποιούταν για την παραγωγή παρθένου ασφαλτομίγματος, ανάλογα με τις συνθήκες του έργου. Έτσι, έστω το επιθυμητό ιξώδες είναι 2000 poises. Από το σημείο αυτό σχεδιάζεται μια οριζόντια ευθεία. Το σημείο τομής αυτής της ευθείας με την κάθετο που σχεδιάζεται από το ποσοστό R, ορίζουν το σημείο Β.

Η προέκταση της ευθείας που ορίζεται από τα σημεία Α και Β τέμνει την κάθετο ευθεία που αντιστοιχεί σε $R = 100$ και ορίζει το σημείο Γ. Το σημείο αυτό προβαλλόμενο επί του άξονος Ψ, καθορίζει το ιξώδες της νέας ασφάλτου που πρέπει να χρησιμοποιηθεί, στην προκειμένη περίπτωση 700 poises. Ο τύπος της ασφάλτου που θα χρησιμοποιηθεί είναι αυτός που έχει μέση τιμή ιξώδους στους 60°C περίπου ίση με την τιμή που καθορίστηκε.

Μετά το πέρας όλων των παραπάνω υπολογισμών, από τους οποίους καθορίστηκε ο τύπος της ασφάλτου και το ποσοστό του προς ανακύκλωση μίγματος, παρασκευάζεται εν θερμώ αντιπροσωπευτικός αριθμός μιγμάτων και δοκιμών με διαφορετικές περιεκτικότητες ασφάλτου. Οι διαφορετικές περιεκτικότητες των εργαστηριακών μιγμάτων θα έχουν ως βάση το ποσοστό που καθορίστηκε από εξίσωση (χρησιμοποιούνται βήματα του $\approx 0.5\%$). Η παραγωγή των μιγμάτων και των δοκιμών γίνεται όπως και στη μέθοδο Marshall για θερμά ασφαλτομίγματα. Τα δοκίμια κατόπιν ελέγχονται κατά Marshall. Το μίγμα με το βέλτιστο ποσοστό ασφάλτου καθορίζεται όπως στη σύνθεση κατά Marshall για κλειστού τύπου θερμά ασφαλτομίγματα.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι, όταν το ποσοστό του μίγματος που πρόκειται να ανακυκλωθεί είναι μικρότερο του 20%, η παραπάνω διαδικασία δεν είναι αναγκαία. Ο τύπος της νέας ασφάλτου στην περίπτωση αυτή είναι η άσφαλτος που κανονικά θα χρησιμοποιούταν για τις δεδομένες συνθήκες του έργου.

Σε ορισμένες χώρες, όταν η άσφαλτος είναι πολύ οξειδωμένη επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται ορισμένα ειδικά έλαια τα οποία αποκαθιστούν τις ιδιότητες της οξειδωμένης ασφάλτου. Τα έλαια αυτά είναι γνωστά ως αναζωογονητικά ή βελτιωτικά έλαια. Στις περιπτώσεις αυτές, το τελικό ιξώδες του μίγματος του ασφαλτικού υλικού (παλαιό+νέο+έλαια) είναι ο καθοριστικός παράγοντας για τη σύνθεση του μίγματος. Ο τρόπος υπολογισμού του ποσοστού του αναζωογονητικού ελαίου και του τελικού ιξώδους του ασφαλτικού συνδετικού υλικού είναι παρόμοιος του τρόπου υπολογισμού του ιξώδους της νέας ασφάλτου, που περιγράφηκε παραπάνω. Παράδειγμα υπολογισμού δίνεται στη βιβλιογραφία.

4.8.2 Βρετανική μέθοδος σύνθεσης

Η Βρετανική μέθοδος σύνθεσης ανακυκλωμένου εν θερμώ ασφαλτομίγματος είναι απλούστερη της μεθόδου του Asphalt Institute που αναπτύχθηκε παραπάνω. Κατά τη μέθοδο αυτή, βασική προϋπόθεση είναι η άσφαλτος του προς ανακύκλωση ασφαλτομίγματος να έχει διεισδυτικότητα μεγαλύτερη από 20 pen. Με αυτό ως δεδομένο, για τον καθορισμό του ποσοστού του ασφαλτομίγματος προς ανακύκλωση και την αναλογία των νέων αδρανών στο τελικό ανακυκλωμένο μίγμα, ακολουθούνται τα βήματα του λογικού διαγράμματος που δίνεται στην εικόνα 49.

Ο τύπος της νέας ασφάλτου που πρόκειται να προστεθεί καθορίζεται συναρτήσει της διεισδυτικότητας αυτής, χρησιμοποιώντας τη σχέση:

$$Pen_{να} = (Pen_{ατμ} / Pen_{αα}^b)^{1/α}$$

Όπου:

$Pen_{να}$ = διεισδυτικότητα νέας ασφάλτου, στους 25°C

$Pen_{ατμ}$ = επιθυμητή διεισδυτικότητα της ασφάλτου στο τελικό μίγμα, στους 25°C, καθορίζεται από τις συνθήκες του έργου

$Pen_{αα}$ = διεισδυτικότητα ανακτηθείσης ασφάλτου από το προς ανακύκλωση άσφαλτο μίγμα, στους 25°C

a, b = αναλογίες της νέας ασφάλτου και της παλαιάς ασφάλτου, (a+b=1).

Κατά τη Βρετανική μέθοδο, όταν το ποσοστό του προς ανακύκλωση ασφαλτομίγματος είναι μικρότερο του 10% στο τελικό μίγμα, ο τύπος της νέας ασφάλτου είναι αυτός που θα χρησιμοποιόταν εάν το μίγμα είχε παραχθεί από παρθένα υλικά για τις συγκεκριμένες συνθήκες του έργου.

Μετά τον καθορισμό του τύπου της νέας ασφάλτου, του ποσοστού του προς ανακύκλωση ασφαλτομίγματος και των ποσοστών των νέων υλικών που πρόκειται να προστεθούν, παράγεται ανακυκλωμένο ασφαλτόμιγμα, το οποίο ελέγχεται εργαστηριακά. Το ασφαλτόμιγμα αυτό θα πρέπει να πληροί τις απαιτήσεις των προδιαγραφών για αντίστοιχο θερμό ασφαλτόμιγμα.

4.9 Σύνθεση ανακυκλωμένου ασφαλτομίγματος εν ψυχρώ

Η σύνθεση του ανακυκλωμένου ασφαλτομίγματος εν ψυχρώ είναι απλούστερη από αυτήν που ακολουθείται στην εν θερμώ ανακύκλωση. Ο τύπος του ασφαλτικού γαλακτώματος που θα χρησιμοποιηθεί (κατιονικού ή ανιο-νικού τύπου, μέσης ή βραδείας διάσπασης) είναι ανεξάρτητος της διεισδυτικότητας ή του ιξώδους της παλαιάς ασφάλτου. Σύμφωνα με τη μέθοδο του Asphalt Institute, το μόνο που χρειάζεται να καθορισθεί είναι η επιπλέον ποσότητα της ασφάλτου, καθώς επίσης και το ποσοστό των κατάλληλων αδρανών, για να επιτευχθεί η επιθυμητή κοκκομετρική διαβάθμιση.

Αρχικά, καθορίζεται το ποσοστό της ασφάλτου στο προς ανακύκλωση παλαιό ασφαλτόμιγμα καθώς και η κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών υλικών που εμπεριέχονται σε αυτό. Κατόπιν καθορίζεται η τελική καμπύλη του ανακυκλωμένου μίγματος, η οποία είναι συνάρτηση της κοκκομετρίας των αδρανών που εμπεριέχονται στο προς ανακύκλωση ασφαλτόμιγμα, των νέων αδρανών και του τύπου του μίγματος που πρόκειται να παραχθεί. Οι συνιστώμενοι τύποι ψυχρών μιγμάτων από ανακύκλωση, κατά'το Asphalt Institute, δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Μέγεθος κοσκίνου (mm)	Ανοιχτού τύπου			Κλειστού τύπου			
	A	B	Γ	Δ	E	Z	H
	Διερχόμενα ποσοστά (%)						
37.5	100	-	-	100	-	-	-
25.0	95-100	100	-	80-100	-	-	-
19.0	-	90-100	-	-	-	-	-
12.5	25-60	-	100	-	100	100	100
9.5	-	20-55	85-100	-	-	-	-
4.75	0-10	0-10	-	25-85	75-100	75-100	75-100
2.36	0-5	0-5	-	-	-	-	-
1.18	-	-	0-5	-	-	-	-
0.300	-	-	-	-	-	15-30	-
0.150	-	-	-	-	-	-	15-65
0.075	0-2	0-2	0-2	3-15	0-12	5-12	12-20

Εικόνα 51. Προτεινόμενα μίγματα και όρια κοκκομετρικών καμπυλών για ανακυκλωμένα ασφαλτομίγματα εν ψυχρώ

Μετά τον καθορισμό της τελικής καμπύλης του μίγματος, καθορίζεται το απαιτούμενο ποσοστό ασφάλτου για την τελική κοκκομετρική καμπύλη του μίγματος. Το ποσοστό αυτό καθορίζεται από εξίσωση, όπως στην ανακύκλωση εν θερμώ.

Το ποσοστό της νέας ασφάλτου που πρέπει να προστεθεί καθορίζεται (κατ' εκτίμηση) από τον τύπο:

$$\Pi_{\nu\alpha} = (\Pi_{\alpha} - \Pi_{\alpha\alpha\mu} \Pi_{\alpha\mu}) / R_1$$

Όπου

$\Pi_{\nu\alpha}$ = ποσοστό νέας προστιθέμενης ασφάλτου, κατά βάρος μίγματος, %

Π_{α} = ποσοστό ασφάλτου από εξίσωση:

$$\Pi_{\alpha} = (0,35a + 0,045b + cK + F) / R_1 \quad \text{όπου } a, b, c, K, F \text{ ως εξίσωση 16.1, \%}$$

$P_{\alpha\alpha\mu}$ = ποσοστό ασφάλτου που περιέχεται στο ανακτηθέν προς ανακύκλωση ασφαλτο μίγμα, %

$P_{\alpha\mu}$ = ποσοστό συμμετοχής του ανακτηθέντος ασφαλτομίγματος στο τελικό μίγμα, % (δια εκατό)

$R_1 = 1 - 0$ για ασφαλτικό σκυρόδεμα, 0.6 - 0.65 για ψυχρό ασφαλτο μίγμα με ασφαλτικό γαλάκτωμα

Γνωρίζοντας το παραπάνω αποτέλεσμα είναι εύκολο να υπολογισθεί και το αντίστοιχο ποσοστό του ασφαλτικού γαλακτώματος που ουσιαστικά θα προστεθεί στο μίγμα. Το μόνο που απαιτείται για τον υπολογισμό αυτό είναι να εξετασθεί και να καθορισθεί η περιεκτικότητα του γαλακτώματος σε ασφαλτο.

Μετά την εκτίμηση του ποσοστού της ασφάλτου που θα πρέπει να προστεθεί, κατά τη μέθοδο του Asphalt Institute, ακολουθούν δοκιμαστικές εφαρμογές επί του έργου με σκοπό την περαιτέρω ρύθμιση τόσο της περιεκτικότητας ασφάλτου στο μίγμα όσο και του μίγματος γενικότερα (ποσοστό μικρής ποσότητας νερού που προστίθεται και χρόνου διάσπασης του γαλακτώματος).

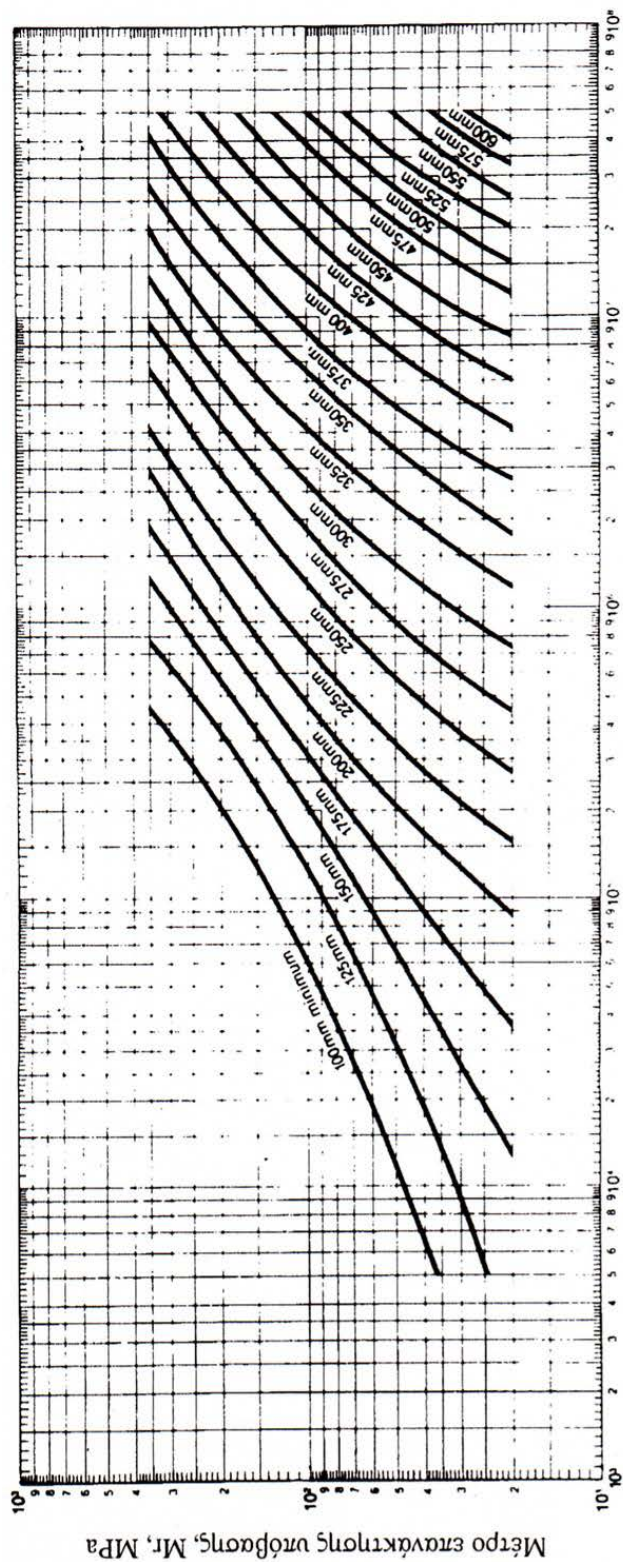
4.10 Διαστασιολόγηση οδοστρωμάτων με ανακυκλωμένα υλικά

Ο τρόπος διαστασιολόγησης των οδοστρωμάτων με ανακυκλωμένα εν θερμώ μίγματα δε διαφέρει σε τίποτα από τον τρόπο διαστασιολόγησης οδοστρωμάτων των οποίων οι στρώσεις κατασκευάζονται από παρθένα θερμά ασφαλτομίγματα. Συνεπώς, χρησιμοποιείται οποιαδήποτε μέθοδος ακολουθείται, λαμβανομένων υπόψη των μηχανικών ιδιοτήτων των εν θερμώ ανακυκλωμένων ασφαλτο μιγμάτων.

Το ίδιο σε γενικές γραμμές ισχύει και για τα ανακυκλωμένα εν ψυχρώ ασφαλτομίγματα. Το Asphalt Institute για τον υπολογισμό του πάχους οδοστρώματος με ψυχρά ανακυκλωμένα ασφαλτομίγματα προτείνει τη χρήση δύο νομογραφημάτων, αναλόγως του τύπου του ψυχρού ασφαλτομίγματος. Το νομογράφημα που χρησιμοποιείται στην περίπτωση ψυχρού ανακυκλωμένου ασφαλτομίγματος από χονδρόκοκκα και λεπτόκοκκα αδρανή, παραγόμενου σε μόνιμο ή κινητό συγκρότημα, δίνεται στην εικόνα 52.

Ο υπολογισμός του πάχους γίνεται κατά τον ίδιο ακριβώς τρόπο με τη μεθοδολογία διαστασιολόγησης του Asphalt Institute για οδοστρώματα με παρθένα μίγματα.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι το νομογράφημα που παρατίθεται στο Σχήμα 16.15 μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για τα μίγματα Α, Β, Γ και Δ. Για τα υπόλοιπα μίγματα (λεπτόκοκκα μίγματα) υπάρχει αντίστοιχο νομογράφημα που δίνεται στη βιβλιογραφία. Επίσης, αναφέρεται ότι το πάχος που λαμβάνεται από το νομογράφημα είναι το συνολικό πάχος όλων των ασφαλτικών στρώσεων, συμπεριλαμβανομένου και του πάχους της επιφανειακής στρώσης από παρθένο ασφαλτομίγμα, που εδράζονται πάνω στο υπέδαφος ή την υπόβαση.



Εικόνα 52. Νομογράφημα υπολογισμού πάχους οδοστρώματος με ψυχρό ανακυκλωμένο ασφαλτόμιγμα

Σε περίπτωση που πρόκειται ένα μέρος από τη βάση να μην ανακυκλωθεί, τότε για να υπολογισθεί το ισοδύναμο πάχος της εναπομένουσας στρώσης και να αφαιρεθεί από το συνολικό πάχος που θα πρέπει να κατασκευασθεί, το πάχος της εναπομένουσας στρώσης πολλαπλασιάζεται με τους συντελεστές ισοδυναμίας που δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Κατηγορία υλικών	Περιγραφή υλικών	Συντελεστές ισοδυναμίας ^(α)
A	Φυσικό υπέδαφος ανεξαρτήτως κατηγορίας	0.0
B	Εξυγιανθείσα υπόβαση με P.I. <10	0.0
Γ	Κοκκώδης υπόβαση ή βάση, με καλώς διαβαθμισμένα υλικά και CBR >20,	0.1-0.2

^(α) Εφαρμόζονται για τη μετατροπή στρώσεων μόνο στην περίπτωση ανακύκλωσης

Πίνακας 6. Συντελεστές ισοδυναμίας

Τέλος, επί του ανακυκλωμένου ψυχρού ασφαλτομίγματος διαστρώνεται τάπητας από θερμό παρθένο ασφαλτόμιγμα ή ασφαλτική επάλειψη, αναλόγως της περιπτώσεως. Το ελάχιστο πάχος της επιφανειακής στρώσης από παρθένο ασφαλτόμιγμα που διαστρώνεται πάνω από τη στρώση με ψυχρό ανακυκλωμένο ασφαλτόμιγμα (ουσιαστικά ασφαλτική βάση), καθορίζεται συναρτήσει του

Κυκλοφοριακός φόρτος (Ισοδύναμοι Τυπικοί Άξονες, ΙΤΑ)	Ελάχιστο πάχος ασφαλτικής επιφανειακής στρώσης (mm)
< 10 ⁴	x ^(α)
10 ⁴	50 ^(β)
10 ⁵	50 ^(β)
10 ⁶	75 ^(β)
10 ⁷	100 ^(β)
> 10 ⁷	130 ^(β)

^(α) απλή ή διπλή ασφαλτική επάλειψη, μόνο

^(β) μπορεί να χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά και παρθένο ψυχρό ασφαλτόμιγμα κλειστού τύπου μαζί με απλή ασφαλτική επάλειψη

κυκλοφοριακού φόρτου στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 7. Ελάχιστα πάχη επιφανειακών στρώσεων πάνω σε ψυχρή ανακυκλωμένη ασφαλτική βάση

4.11 Ανακύκλωση δύσκαμπτων οδοστρωμάτων

Η ανακύκλωση των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων είναι σχετικά νέα σε σύγκριση με την ανακύκλωση των ευκάμπτων οδοστρωμάτων. Αρχισε να εφαρμόζεται τα τελευταία δεκαπέντε περίπου χρόνια κυρίως σε χώρες που δεν είχαν φυσικά αποθέματα αδρανών. Σήμερα και διάφοροι άλλοι παράγοντες επηρεάζουν τη λήψη απόφασης ανακύκλωσης των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων. Στο σύνολο τους οι κυριότεροι παράγοντες είναι: α) η διατήρηση των φυσικών αποθεμάτων, β) η απουσία αδρανών πλησίον των έργων, γ) η απόρριψη κατεστραμμένων παλαιών οδοστρωμάτων, δ) η μείωση του κοστολογίου, ε) η ανάπτυξη νέων και αποδοτικότερων μηχανημάτων θραύσης, στ) η ανάπτυξη νέων μεθόδων και μηχανημάτων απομάκρυνσης του σιδηρού οπλισμού και ζ) η ανάπτυξη νέων προσθετικών σκυροδέματος για τη βελτίωση της αντοχής και της εργασιμότητας αυτού.

Το υλικό που προέρχεται από την ανακύκλωση των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων (θρυμματισμένο σκυρόδεμα) μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αδρανές για:

- α) νέα δύσκαμπτα οδοστρώματα,
- β) στρώσεις βάσεων και υποβάσεων σταθεροποιημένου ή μη τύπου,
- γ) πορώδη επιχώματα ή φίλτρα,
- δ) ερείσματα και
- ε) παραγωγή ασφαλτικών μιγμάτων για βάσεις και συνδετικές στρώσεις.

Κατά την ανακύκλωση των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων οι παλαιές πλάκες θραύονται και μεταφέρονται σε χώρο συλλογής όπου υφίστανται περαιτέρω θραύση ή/και απομάκρυνση του σιδηρού οπλισμού.

Η κυριότερη δυσκολία κατά την ανακύκλωση των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων είναι αυτή της αρχικής θραύσης, η οποία γίνεται με ειδικά σφυροφόρα μηχανήματα και της απομάκρυνσης του οπλισμού. Μερική απομάκρυνση του οπλισμού γίνεται επί του έργου, χειρωνακτικά, κατά την πρώτη θραύση, ενώ η ολική απομάκρυνση του οπλισμού γίνεται στο εργοτάξιο, κατά τη δεύτερη θραύση, με τη χρήση ειδικών μηχανημάτων (κυρίως μαγνητικών). Οι σπαστήρες που χρησιμοποιούνται είναι ενισχυμένοι σιαγονοφόροι σπαστήρες και σφυροφόροι σπαστήρες (για την περαιτέρω θρυμματίωση του σκυροδέματος σε μικρούς κόκκους). Μετά το σπάσιμο, το σκυρόδεμα κοσκι-νίζεται και αποθηκεύεται σε κλάσματα όπως τα λοιπά αδρανή.

4.11.1 Ιδιότητες αδρανών από ανακυκλωμένο δύσκαμπτο οδόστρωμα

Από διάφορα έργα που εκτελέστηκαν και αναφέρονται στη βιβλιογραφία μπορούν να συνοψισθούν τα παρακάτω, όσον αφορά τις ιδιότητες των αδρανών και των σκυροδεμάτων που προήλθαν από αυτά.

- α) Τα αδρανή που παράγονται έχουν καλό κυβοειδές σχήμα, υψηλό πορώδες και χαμηλότερο ειδικό βάρος συγκριτικά με τα συμβατικά αδρανή υλικά.

- β) Η ενσωμάτωση των χονδρόκοκκων αδρανών για την παραγωγή σκυροδέματος δεν επηρεάζει αισθητά τις αναλογίες του μίγματος ή την εργασιμότητα αυτού.
- γ) Όταν χρησιμοποιούνται ως άμμος, το μίγμα είναι λιγότερο εργάσιμο και απαιτείται μεγαλύτερη ποσότητα τσιμέντου και νερού, για την επίτευξη της ίδιας αντοχής. Για το λόγο αυτό πολλοί οργανισμοί δε χρησιμοποιούν τα λεπτόκοκκα για πλήρη αντικατάσταση της άμμου, ή εάν τα χρησιμοποιούν αντικαθιστούν μόνο ένα μικρό ποσοστό, το πολύ 30%, της άμμου.
- δ) Η αντοχή του σκυροδέματος, εφ' όσον χρησιμοποιηθεί μικρή ποσότητα λεπτόκοκκων υλικών, ανεξάρτητα από το ποσοστό των χονδρόκοκκων από ανακυκλωμένα οδοστρώματα, είναι ισοδύναμη των συμβατικών σκυροδεμάτων.
- ε) Σε ορισμένες περιπτώσεις παρατηρήθηκε βελτίωση του σκυροδέματος κατά τον έλεγχο αντίστασης σε ψύξη/θέρμανση.
- στ) Το πλύσιμο των αδρανών που προήλθαν από τα εξετασθέντα έργα δεν έδωσε καλύτερες αντοχές σκυροδέματος.

Από τα παραπάνω συνάγεται ότι τα χονδρόκοκκα αδρανή που προκύπτουν από την ανακύκλωση των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων δεν υπολείπονται των συμβατικών αδρανών και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υποκατάστατο των συμβατικών αδρανών. Σε κάθε έργο θα πρέπει να γίνονται οι απαραίτητοι έλεγχοι για τη διαπίστωση της καταλληλότητας αυτών. Ιδιαίτερα θα πρέπει να εξετάζεται και η υπόβαση του παλαιού οδοστρώματος η οποία μπορεί να περιέχει ανεπιθύμητα συστατικά τόσο για την παραγωγή σκυροδέματος όσο και για την παραγωγή ασφαλτομίγματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

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

- **Προστασία και εξοικονόμηση των αποθεμάτων σε αδρανή, ασφάλτο και ενέργεια**

Η προστασία των αποθεμάτων των πετρωμάτων κατάλληλων για έργα οδοποιίας και ειδικότερα των πετρωμάτων για αρίστης ποιότητας σκληρά αδρανή, είναι πολύ σοβαρός παράγοντας ιδιαίτερα σε χώρες που δε διαθέτουν πολλά φυσικά αποθέματα. Ακόμη πιο επιτακτική γίνεται η ανάγκη διατήρησης ή καλύτερα επαναχρησιμοποίησης των αδρανών σε χώρες που δε διαθέτουν κατάλληλα φυσικά αποθέματα, οπότε και το κόστος κτήσης τους, κυρίως λόγω του κόστους μεταφοράς, είναι αρκετά υψηλό. Από την άλλη μεριά, δηλαδή σε χώρες όπου υπάρχει περίσσεια αδρανών, η συνεχής ζήτηση έχει ως αποτέλεσμα την απαίτηση για εκμετάλλευση νέων, περισσότερων φυσικών αποθεμάτων. Με την επαναχρησιμοποίηση των αδρανών από τα παλαιά οδοστρώματα μειώνεται η ζήτηση για νέα αδρανή και έτσι επιμηκύνεται η εκμετάλλευση των φυσικών αποθεμάτων. Ταυτόχρονα επιβραδύνεται η απαίτηση δημιουργίας νέων λατομείων, πράγμα που συμβάλλει άμεσα στην προστασία του περιβάλλοντος. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι η δημιουργία νέων λατομείων δεν είναι σήμερα εύκολη υπόθεση λόγω των αυστηρών περιβαλλοντικών περιορισμών αλλά και της αύξησης του κόστους γης.

Με την ανακύκλωση των ασφαλτομιγμάτων μειώνεται επίσης και η κατανάλωση της ασφάλτου. Ένα νέο ασφαλτικό σκυρόδεμα απαιτεί συνήθως 5% έως 6.5% ασφάλτο, ενώ ένα ανακυκλωμένο ασφαλτικό σκυρόδεμα απαιτεί προσθήκη νέας ασφάλτου συνήθως από 1 % έως 3%. Από τα παραπάνω ποσοστά διαφαίνεται μια εξοικονόμηση σε ασφάλτο της τάξεως, κατά μέσο όρο, του 3.5% κατά βάρος μίγματος, ήτοι περίπου 35 lit ανά τόνο ασφαλτομίγματος. Αν ληφθεί υπόψη ότι η κατανάλωση των ασφαλτομιγμάτων σε εθνικό επίπεδο ανέρχεται σε εκατομμύρια τόνους ανά έτος, είναι σαφής η σοβαρή εξοικονόμηση ασφάλτου που επέρχεται. Στην Ελλάδα εκτιμάται ότι, τα τελευταία χρόνια, παράγονται ανά έτος περίπου 5.000.000 τόνοι ασφαλτικού σκυροδέματος. Εάν ένα μέρος αυτής της ποσότητας παραγόταν από ανακυκλωμένο ασφαλτόμιγμα είναι πολύ πιθανόν ότι η παραγωγή ασφάλτου από τα ελληνικά διυλιστήρια θα ήταν επαρκής και δε θα ήταν αναγκαία η εισαγωγή καμίας επιπλέον ποσότητας ασφάλτου από το εξωτερικό. Συνεπώς, η ανακύκλωση των ασφαλτομιγμάτων μπορεί να επηρεάσει και το εθνικό ισοζύγιο πληρωμών.

Η εξοικονόμηση ενέργειας από την ανακύκλωση των οδοστρωμάτων συσχετίζεται κυρίως με τη μείωση του κόστους μεταφοράς τόσο των αδρανών όσο και της ασφάλτου. Επιπρόσθετη μικρή περαιτέρω εξοικονόμηση μπορεί να επέλθει εάν επιλεγεί η ψυχρή ανακύκλωση έναντι της θερμής ανακύκλωσης.

- **Προστασία του περιβάλλοντος**

Η ανακύκλωση των οδοστρωμάτων συμβάλλει άμεσα στη διατήρηση και προστασία του περιβάλλοντος διότι, πρώτον, όπως προαναφέρθηκε, επιβραδύνεται η ανάγκη δημιουργίας νέων λατομείων και δεύτερον, εκμηδενίζονται όλα τα προβλήματα που συσχετίζονται με την εναπόθεση των υλικών από παλαιούς τάπητες. Η εναπόθεση των απορριπτέων υλικών από παλαιούς τάπητες, εκτός του ότι προϋποθέτει την ύπαρξη επαρκούς και κατάλληλης έκτασης απόρριψης, αλλάζει και τη μορφή του τοπίου της περιοχής. Παράλληλα, η συγκέντρωση των υδρογονανθράκων της ασφάλτου πιθανόν να μολύνει τον υδροταμιευτήρα και τα ιχνοστοιχεία του εδάφους γύρω από την περιοχή αυτή.

- **Μείωση του κόστους κατασκευής**

Με την ανακύκλωση τέλος, μπορεί να μειωθεί το συνολικό κόστος αποκατάστασης, ή ενίσχυσης ή ανακατασκευής των οδοστρωμάτων. Η μείωση του κόστους των παραπάνω εργασιών προέρχεται κατά κύριο λόγο από τη μείωση του κόστους μεταφοράς των υλικών και σε μικρότερο βαθμό από τη μείωση του κόστους παραγωγής. Η επερχόμενη μείωση του κόστους παραγωγής οφείλεται στη χρησιμοποίηση μικρότερης θερμικής ενέργειας, που στην περίπτωση επιλογής της ανακύκλωσης εν ψυχρώ είναι ακόμη πιο ουσιαστική.

Το ποσοστό μείωσης του κόστους κατασκευής μεταβάλλεται από έργο σε έργο, δεδομένου ότι όλοι οι παράγοντες που εμπλέκονται δεν παραμένουν σταθεροί. Από τις πρώτες εφαρμογές ανακύκλωσης, οι οποίες έγιναν στις ΗΠΑ, αναφέρεται ότι η μείωση που επιτεύχθηκε στο κόστος του ασφαλτομίγματος έτοιμου προς διάστρωση, όταν αυτό είχε παραχθεί σε μόνιμη εγκατάσταση, κυμάνθηκε από 10% έως 39%, αναλόγως του έργου. Ομοίως, όταν η ανακύκλωση έγινε επιτόπου, η μείωση του συνολικού κόστους κατασκευής ήταν της τάξεως του 33%.

Αντίστοιχες συγκριτικές μελέτες στην Ευρώπη έδωσαν μικρότερα ποσοστά μείωσης, μικρότερα του 30%. Σε ορισμένες δε περιπτώσεις αναφέρεται ότι δεν υπήρξε ουσιαστική μείωση του κόστους παραγωγής του ασφαλτομίγματος έτοιμου προς διάστρωση, όταν αυτό είχε παραχθεί σε μόνιμη εγκατάσταση.

Παρόλο που με την ανακύκλωση μπορεί να υπάρξει μια μείωση του κόστους κατασκευής, το γεγονός αυτό και μόνο δεν είναι ο αποφασιστικός παράγοντας για την επιλογή της. Σε ορισμένες χώρες η μείωση της δαπανώμενης ενέργειας, ή η εξοικονόμηση αδρανών υλικών, ή η προστασία του περιβάλλοντος, ή η μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης πιθανόν να έχουν μεγαλύτερη βαρύτητα στη λήψη αποφάσεων, από αυτό της μείωσης του κόστους.

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ		
Κατηγορία ανακύκλωσης	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Επιφανειακή	Βελτιώνεται η επιπεδότητα της οδού Αποκαθίστανται πτυχώσεις, αυλακώσεις, ανάδυση ασφάλτου και οξείδωση ασφάλτου Βελτιώνεται η συνοχή με τον υπερκείμενο τάπητα Βελτιώνεται η αντιολισθηρή ικανότητα Αποφεύγεται η υπερύψωση της ερυθράς Μικρή παρενόχληση στην κυκλοφορία	Δε βελτιώνεται η δομική ικανότητα του οδοστρώματος Τα μηχανήματα απόξεσης δεν είναι αποδοτικά όταν το ασφαλτόμιγμα έχει μεγάλο μέτρο δυσκαμψίας ή περιέχει κόκκους αδρανών μεγαλύτερους από 25mm Εκπομπή σκόνης
Εν θερμώ	Επί της οδού	Ποιοτικός έλεγχος όχι τόσο καλός Παρενόχληση της κυκλοφορίας Κόστος των μηχανημάτων φρεζαρίσματος Συχνή συντήρηση μηχανημάτων φρεζαρίσματος
	Σε μόνιμη εγκατάσταση	Μεγαλύτερη παρενόχληση της κυκλοφορίας Πιθανή ατμοσφαιρική ρύπανση από το συγκρότημα παραγωγής

Εν ψυχρώ	Επί της οδού	Όπως και στην εν θερμώ ανακύκλωση και επιπλέον: Εξοικονόμηση περισσότερης ενέργειας, Σχεδόν μηδενική ατμοσφαιρική επιβάρυνση. Χαμηλότερο κόστος	Όπως και στην εν θερμώ ανακύκλωση και επιπλέον: Απαιτείται ωρίμανση του μίγματος για την ανάπτυξη της ευστάθειας αυτού, Απαιτείται και ασφατική επάλειψη ή διάστρωση ασφαλικής επιφανειακής στρώσης από θερμό ασφαλτόμιγμα
	Σε μόνιμη εγκατάσταση	Όπως και στην εν θερμώ ανακύκλωση και επιπλέον: Καλύτερος ποιοτικός έλεγχος, Η επιφανειακή επάλειψη ή ο τάπητας μπορούν να αποφευχθούν	Όπως και στην εν θερμώ ανακύκλωση και επιπλέον: Μεγαλύτερη παρενόχληση της κυκλοφορίας
Δύσκαμπτα οδοστρώματα		Επιλύεται το πρόβλημα εναπόθεσης παλαιών πλακών Περιορίζεται το πρόβλημα έλλειψης αδρανών που παρουσιάζεται σε ορισμένες χώρες Αυξάνεται η αντίσταση του σκυροδέματος σε ψύξη-θέρμανση σε σχέση με ορισμένα φυσικά αδρανή	Υψηλό πορώδες Εάν χρησιμοποιηθεί ως άμμος μειώνεται η εργασιμότητα του μίγματος και αυξάνεται η ποσότητα τσιμέντου στο μίγμα Η ύπαρξη σιδηρού σπλισμού αυξάνει το μηχανικό και εργατικό κόστος θραύσης

Πίνακας 8. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μεταξύ των κατηγοριών ανακύκλωσης

Βιβλιογραφία:

1. Νικολαΐδης Αθανάσιος Φωτ., «Οδοποιία, οδοστρώματα – υλικά – έλεγχος ποιότητας», εκδόσεις Μ. Τριανταφύλλου και Σια, Θεσσαλονίκη 2006
2. Σπηλιωτόπουλος Κ., «Ανακατασκευή των ασφαλτικών οδοστρωμάτων με ανακύκλωση των υλικών», Δελτίο ΚΕΔΕ, Νο 1-2, σελ 27, 1985
3. ΥΠΕΧΩΔΕ, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, Δ/ση Κατασκευών Συγκοινωνιακών Έργων (Δ4), Έκθεση για τις εργασίες συντήρησης ασφαλτικών οδοστρωμάτων με τη μέθοδο της ανακύκλωσης υλικών, Αθήνα, 1986
4. Θεοδωρακόπουλος Δημήτριος Δ., Σημειώσεις Κατασκευής Οδών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, εργαστήριο Συγκοινωνιακών έργων, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα 2000
5. Κοφίτσας Ιωάννης Δ., «Στοιχεία Οδοποιίας», Γ' έκδοση, εκδόσεις ΙΩΝ, 2001
6. Μουρατίδης Αναστάσιος Κ., «Οδοποιία, Η κατασκευή των οδικών έργων», University Studio Press, Θεσσαλονίκη 2005
7. Μουρατίδης Αναστάσιος Κ., «Οδοποιία, Η διαχείριση των οδικών έργων», University Studio Press, Θεσσαλονίκη 2008
8. Transport Research Board, Recycling Materials for Highways, Transportation Research Board, National Research Council, NCHRP 54, Washington D.C., 1978
9. Transport Research Board, Cold Recycled Bituminous Concrete Using Bituminous Materials, NCHRP 160, National Research Council, Washington, 1990
10. Transport Research Board, Recycling of Portland Cement pavements, NCHRP 154, National Research Council, Washington, 1989
11. Hawai'i Asphalt Pavement Industry, "Hapi Asphalt Pavement Guide", Hawaii 2000
12. Donald M. Matthews, "Recycling Solutions For Pavements", California Pavement Preservation Conference, California 2008
13. The Asphalt Institute, Asphalt Cold-Mix Recycling, Manual Series No.21 (MS-21), Maryland, USA, 1983
14. World Road Association, "Pavement Recycling", www.piarc.org, France 2003

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΡΟΣΩΡΙΝΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

- 05 Έργα Οδοποιίας
 - 03 Οδοστρώματα
 - 14 Απόξεση (φρεζάρισμα) ασφαλτικού οδοστρώματος
 - 00 -
-

Έκδοση 1η

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΡΑΣΕΩΝ
ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΚΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟ
ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΩΝ ΔΗΜ. ΕΡΓΩΝ**

2η ΟΜΑΔΑ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΡΓΟΥ

Ινστιτούτο Οικονομίας Κατασκευών (Ι.Ο.Κ.)

Λ. Αλεξάνδρας 91 & Δρόση - 114 74 ΑΘΗΝΑ

URL: <http://www.iok.gr>

ΠΡΟΣΧΕΔΙΟ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	1
2. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.....	1
3. ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ - ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΕΛΕΙΩΜΕΝΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	1
3.1. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	1
3.2. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ.....	1
4. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΕΛΕΓΧΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΛΑΒΗ.....	2
5. ΤΡΟΠΟΣ ΕΠΙΜΕΤΡΗΣΗΣ	3

ΠΡΟΣΧΕΔΙΟ

Απόξεση (φρεζάρισμα) ασφαλτικού οδοστρώματος

ΠΕΤΕΠ

05-03-14-00

1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

Στην παρούσα ΠΕΤΕΠ καθορίζονται οι απαιτήσεις για την εκτέλεση των εργασιών απόξεσης (φρεζάρισμα) επιφανειών ασφαλτικού οδοστρώματος (pavement cold milling) και μεταφοράς και απόθεσης του φρεζαρισμένου υλικού οδοστρώματος.

2. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Η εκτέλεση της εργασίας δεν απαιτεί υλικά προς ενσωμάτωση.

3. ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ - ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΕΛΕΙΩΜΕΝΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**3.1. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ**

Το μηχάνημα που θα χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να εξασφαλίζει ελάχιστο πλάτος φρεζαρίσματος τουλάχιστον 1,8 m. Ο Ανάδοχος μπορεί να χρησιμοποιεί και μικρότερα μηχανήματα στις δυσπρόσιτες θέσεις. Τα μηχανήματα θα διαθέτουν αυτόματο σύστημα ελέγχου της ακρίβειας των διαμήκων και εγκάρσιων κλίσεων του οδοστρώματος με ανοχή της τάξης των ± 6 mm, εκτός εάν αλλιώς καθορίζεται στα συμβατικά τεύχη.

Ο εξοπλισμός θα περιλαμβάνει έναν εσωτερικό σύστημα κοπής καθώς και αποτελεσματικά μέσα ελέγχου της παραγόμενης σκόνης.

Το μηχάνημα απόξεσης θα πρέπει να έχει την ικανότητα παραγωγής μιας ομοιόμορφα φρεζαρισμένης επιφάνειας, απαλλαγμένης από κυματισμούς και αυλακώσεις.

Η εξάρτηση των "δοντιών" του μηχανήματος και οι αποστάσεις των θα συντηρούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να διασφαλίζεται το κατάλληλο αποτέλεσμα (υφή). Τα σκασμένα, κατεστραμμένα ή υπέρμετρα φθαρμένα «δόντια» πρέπει να αντικαθίστανται αμέσως.

Όλα τα μηχανήματα θα εγκρίνονται από την Υπηρεσία πριν από την έναρξη της εργασίας.

Στην περίπτωση που απαιτείται πλήρης αποξήλωση του ασφαλτικού οδοστρώματος η Υπηρεσία μπορεί να εγκρίνει τη χρήση εναλλακτικού εξοπλισμού αποξήλωσης και θρυμματισμού αντί του προαναφερόμενου εξοπλισμού φρεζαρίσματος.

3.2. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ

Πριν από την έναρξη της απόξεσης θα αποξηλώνονται οι τυχόν υφιστάμενοι ανακλαστήρες οδοστρώματος (μάτια γάτας).

Η επιφάνεια του ασφαλτικού οδοστρώματος θα φρεζάρεται σε βάθος, πλάτος, κλίσεις και υφή σύμφωνα με τα συμβατικά τεύχη. Προσαρμογές (ρυθμίσεις) στα προδιαγραφόμενα βάθη θα γίνονται με μικρές προσαυξήσεις των 6 mm ή λιγότερο, σύμφωνα με τις οδηγίες της Υπηρεσίας.

Η διαδικασία της απόξεσης θα ρυθμίζεται έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι αυλακώσεις ή οι προεξοχές και να παράγεται μια επιφάνεια που θα έχει ομοιόμορφη υφή και αποδεκτή ομαλότητα για την κυκλοφορία. Η φρεζαρισμένη επιφάνεια θα πρέπει να είναι ελεύθερη από χώμα, αποξέσματα και φερτά και να μην εμφανίζει αποκλίσεις που θα υπερβαίνουν τα 12 mm όταν αυτές μετρώνται με 3-μετρο πήχυ.

Η διαδικασία απόξεσης θα ακολουθεί τα οριζόμενα στα εφαρμοστέα σχέδια. Όταν το αποτέλεσμα της απόξεσης παρουσιάζει επιφάνειες όπου παραμένει το νερό της βροχής τότε θα πρέπει να αποκόπτονται οι προεξοχές, έτσι ώστε να διασφαλίζεται η απορροή των ομβρίων, σύμφωνα και με τις οδηγίες της Υπηρεσίας.

Η επίστρωση με τη νέα ασφαλτική στρώση σε κάθε φρεζαρισμένη επιφάνεια θα αρχίζει την επόμενη ημέρα μετά το φρεζάρισμα, εκτός αν αλλιώς εγκρίνει η Υπηρεσία. Σε κάθε περίπτωση η φρεζαρισμένη επιφάνεια δεν επιτρέπεται να δίνεται σε κυκλοφορία για περισσότερο διάστημα από δέκα εργάσιμες ημέρες, μετά από την ημερομηνία της απόξεσης, χωρίς να εκτελεσθούν οι προβλεπόμενες εργασίες στην επιφάνεια του οδοστρώματος.

Τυχόν μη συμμορφώσεις όσον αφορά στον τρόπο απόξεσης ή ζημιές παρακείμενων κατασκευών που προκαλούνται από τις εργασίες, θα αποκαθίστανται αμέσως με δαπάνες του Αναδόχου, σύμφωνα με τις οδηγίες της Υπηρεσίας.

Οι τυχόν φθορές (βλάβες) στη φρεζαρισμένη επιφάνεια θα επισκευάζονται από τον Ανάδοχο με πρόσθετο φρεζάρισμα ή με "μπάλωμα", σύμφωνα με τις οδηγίες της Υπηρεσίας. Όταν η Υπηρεσία διαπιστώσει ότι οι βλάβες δεν οφείλονται στον Ανάδοχο, το απαιτούμενο επιπλέον φρεζάρισμα ή "μπάλωμα" θα πληρώνεται (σύμφωνα με τα συμβατικά τεύχη) με τις προβλεπόμενες τιμές μονάδας απόξεσης ή επισκευής (μπαλώματος) φρεζαρισμένης επιφάνειας.

Όταν η Υπηρεσία διαπιστώσει ότι οι βλάβες έχουν προξενηθεί από τον Ανάδοχο ή έχουν προκύψει λόγω μη πρόνοιας του Αναδόχου, δε θα επιμετρώνται ούτε θα πληρώνονται, οι απαραίτητες επισκευές.

Τα αποξέσματα από το φρεζάρισμα του ασφαλτικού οδοστρώματος θα απομακρύνονται αμέσως, θα συσσωρεύονται (αποθηκεύονται) και θα διατίθενται, όπως προβλέπεται στα συμβατικά τεύχη, ή/και τις οδηγίες της Υπηρεσίας.

Κατά την λειτουργία του μηχανήματος θα λαμβάνονται μέτρα ώστε να ελαχιστοποιείται η εκπομπή σκόνης. Η Υπηρεσία μπορεί να απαιτήσει την προδιαβροχή του οδοστρώματος.

Στην αρχή και στο τέλος των φρεζαρισμένων επιφανειών θα ρυθμίζεται το βάθος κοπής ώστε να προκύπτει ομαλή υψομετρική μεταβολή, κατάλληλη για τη βατότητα των οχημάτων.

Πριν από την απόδοση σε κυκλοφορία φρεζαρισμένων επιφανειών θα εξασφαλίζεται με μηχανική σκούπα η απομάκρυνση στο μέγιστο δυνατό όλων των υπολειμμάτων της απόξεσης.

4. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΕΛΕΓΧΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΛΑΒΗ

- Έλεγχος της επιφάνειας που έχει προκύψει μετά την εργασία απόξεσης, για την επιβεβαίωση ότι αυτή εκτελέσθηκε σύμφωνα με τις κλίσεις (κατά μήκος και εγκάρσια της οδού) και το βάθος, που προδιαγράφονται από τη μελέτη εφαρμογής.
- Έλεγχος της αποκατάστασης, σύμφωνα με τις οδηγίες της Υπηρεσίας, τυχόν φθορών στο οδόστρωμα και σε άλλα στοιχεία της οδού.

5. ΤΡΟΠΟΣ ΕΠΙΜΕΤΡΗΣΗΣ

Η εργασία απόξεσης επιφάνειας ασφαλτικού οδοστρώματος, όταν γίνεται σε συγκεκριμένο βάθος θα επιμετράται σε τετραγωνικά μέτρα [m²] για κάθε κατηγορία βάθους. Όταν η επιμέτρηση γίνεται σε κυβικά μέτρα [m³], ως μέσο βάθος θα υπολογίζεται το πλησιέστερο στα 6 mm.

Οι εργασίες διακρίνονται σε εκτελούμενες κατά την διάρκεια της ημέρας ή την διάρκεια της νύκτας. Οι τιμές που αφορούν εργασίες εκτελούμενες κατά την διάρκεια της νύκτας έχουν εφαρμογή μόνον μετά από σχετική γραπτή εντολή της Υπηρεσίας. Η νυχτερινή εργασία θα περιορίζεται σε οδικούς άξονες υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου κατά την διάρκεια της ημέρας.

Η εργασία επιδιορθώσεων (μπαλώματα) φρεζαρισμένων επιφανειών θα επιμετράται σε τόνους [t] απομακρυνόμενου υλικού.

Στις δαπάνες περιλαμβάνονται:

- Η χρήση του εγκεκριμένου εξοπλισμού για την εκτέλεση της εργασίας απόξεσης.
- Η προετοιμασία της επιφάνειας που πρόκειται να αποξεστεί (π.χ. απομάκρυνση τυχόν ανακλαστήρων οδοστρώματος).
- Η εργασία της απόξεσης.
- Η μεταφορά και απόρριψη του αποξεσθέντος υλικού σε θέσεις σύμφωνα με τα συμβατικά τεύχη, ή /και τις οδηγίες της Υπηρεσίας.
- Οποιαδήποτε επιμέρους συμπληρωματική εργασία απαιτηθεί για την πλήρη ολοκλήρωση της εργασίας και για την αποκατάσταση τυχόν καταστροφών σε στοιχεία της οδού οι οποίες οφείλονται σε υπαιτιότητα του αναδόχου.

ΠΡΟΣΩΡΙΝΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

- 05 Έργα Οδοποιίας
 - 03 Οδοστρώματα
 - 17 Οδοστρωσία από τσιμεντόδετο ανακυκλωμένο μίγμα φρεζαρισμένων ασφαλτικών και υποκείμενων στρώσεων
 - 00 -
-

Έκδοση 1η

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΡΑΣΕΩΝ
ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΚΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟ
ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΩΝ ΔΗΜ. ΕΡΓΩΝ

2η ΟΜΑΔΑ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΡΓΟΥ
Ινστιτούτο Οικονομίας Κατασκευών (Ι.Ο.Κ.)
Λ. Αλεξάνδρας 91 & Δρόση - 114 74 ΑΘΗΝΑ
URL: <http://www.iok.gr>

ΠΡΟΣΧΕΔΙΟ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	1
1.1. ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ - ΣΚΟΠΟΣ	1
2. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	1
2.1. ΣΧΕΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ	1
2.2. ΟΡΙΣΜΟΙ	3
2.3. ΥΛΙΚΑ.....	4
2.3.1. Υλικά ανακύκλωσης.....	4
2.3.2. Προστιθέμενα θραυστά υλικά.....	7
2.3.3. Τσιμέντο	7
2.3.4. Νερό.....	8
2.3.5. Χημικά πρόσθετα	8
2.4. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ.....	8
2.4.1. Γενικά.....	8
2.4.2. Απαιτήσεις της μελέτης σύνθεσης.....	8
2.4.3. Προκαταρκτική μελέτη με ιστορικά στοιχεία	9
2.4.4. Μελέτη βασισμένη σε μετρήσεις.....	9
2.4.5. Μελέτη εφαρμογής.....	10
3. ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	12
3.1. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ.....	12
3.1.1. Μηχανήματα για την εκτέλεση της Επιτόπου Ανακύκλωσης.....	12
3.1.2. Μηχανήματα συμπύκνωσης.....	13
3.1.3. Μηχανήματα δημιουργίας αρμών στο νωπό υλικό.....	14
3.1.4. Μηχανήματα για τη μόρφωση της τελικής επιφάνειας.....	14
3.2. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	14
3.2.1. Προετοιμασία της υπάρχουσας επιφάνειας	14
3.2.2. Φρεζάρισμα του Οδοστρώματος.....	15
3.2.3. Προσθήκη Τσιμέντου, νερού Και χημικών Προσθέτων.....	15
3.2.4. Ανάμιξη και διάστρωση	16
3.2.5. Προσθήκη επιπλέον θραυστού υλικού.....	16
3.2.6. Προρηγμάτωση	17
3.2.7. Συμπύκνωση.....	17
3.2.8. Δημιουργία αρμών εργασίας.....	18
3.2.9. Τελική μόρφωση της επιφάνειας.....	18
3.2.10. Συντήρηση και προστασία της επιφάνειας	19
3.3. ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ	19
3.4. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΣΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΟΥ ΈΡΓΟΥ.....	20
4. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΠΕΡΑΙΩΜΕΝΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	20
4.1. ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ.....	20
4.2. ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΕΝΗΣ ΣΤΡΩΣΗΣ	20
4.3. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΕΛΕΙΩΜΕΝΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	21
4.3.1. Κοκκομετρία	21
4.3.2. Πυκνότητα	21
4.3.3. Αντοχή σε θλίψη	22

4.3.4.	Τελική μόνρφωση, γεωμετρικοί περιορισμοί.....	22
4.3.5.	Επιφανειακή ομαλότητα	22
4.4.	ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ.....	22
4.4.1.	Τσιμέντο και νερό.....	22
4.4.2.	Προστιθέμενα αδρανή υλικά.....	23
4.4.3.	Έλεγχος Ανακυκλωμένου υλικού.....	23
4.5.	ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΕΛΕΙΩΜΕΝΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ.....	24
4.5.1.	Έλεγχος πυκνότητας επιτόπου (σε νωπό μίγμα).....	24
4.5.2.	Έλεγχος συμπυκνωμένου πάχους ανακυκλωμένης στρώσης, (βλ. και Παράγραφο 7.9).....	25
4.5.3.	Έλεγχος υψομέτρων.....	25
4.5.4.	Έλεγχος ομαλότητας.....	25
5.	ΟΡΟΙ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ.....	25
6.	ΕΠΙΜΕΤΡΗΣΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ.....	26

Οδοστρωσία από τσιμεντόδετο ανακυκλωμένο μίγμα φρεζαρισμένων ασφαλτικών και υποκείμενων στρώσεων

ΠΕΤΕΠ
05-03-17-00

1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

1.1. ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ - ΣΚΟΠΟΣ

Η προδιαγραφή αυτή εφαρμόζεται σε περιπτώσεις επισκευής παλαιών φθαρμένων εύκαμπτων οδοστρωμάτων, με την οποία επιδιώκεται η αναβάθμιση των λειτουργικών τους χαρακτηριστικών και ταυτόχρονα η αποκατάσταση ή η ενίσχυση της φέρουσας ικανότητάς τους.

Σκοπός της ανακύκλωσης με τσιμέντο είναι η επαναχρησιμοποίηση των υλικών, μέρους ή όλων, των υφιστάμενων στρώσεων ενός φθαρμένου οδοστρώματος και μέσω κατάλληλης επεξεργασίας με τσιμέντο, η κατασκευή μιας τσιμεντόδετης στρώσης οδοστρώματος, αυξημένης φέρουσας ικανότητας. Το ελάχιστο πάχος μετά τη συμπύκνωση της ανακυκλωμένης στρώσης είναι συνήθως 200mm, ενώ το μέγιστο πάχος είναι 350 mm.

Πάνω στη στρώση αυτή διαστρώνονται ασφαλτικές στρώσεις κατάλληλου πάχους, ανάλογα με τις απαιτήσεις της μελέτης του οδοστρώματος. Όλη η διαδικασία εκτέλεσης του έργου πραγματοποιείται επιτόπου σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, αφού προηγηθεί η κατασκευή ενός δοκιμαστικού τμήματος.

2. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

2.1. ΣΧΕΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ

- ASTM C 289: Standard Test Method for Potential Alkali-Silica Reactivity of Aggregates (Chemical Method) – Πρότυπη δοκιμή για τον προσδιορισμό του δυναμικού αλκαλοπυριτικής αντίδρασης των αδρανών (χημική μέθοδος).
- AASHTO T 194: Determination of organic matter in soils by wet combustion – Προσδιορισμός οργανικών υλικών στο έδαφος με την καύση υγρού δείγματος.
- ΥΠΕΧΩΔΕ, Προδιαγραφές Εργαστηριακών Δοκιμών Εδαφομηχανικής, Ε 105-86/6, "Προσδιορισμός του ορίου πλαστικότητας και του δείκτη πλαστικότητας"
- ΥΠΕΧΩΔΕ, Προδιαγραφές Εργαστηριακών Δοκιμών Εδαφομηχανικής, Ε 105-86/5, "Μέθοδος προσδιορισμού του ορίου υδαρότητας"
- ΥΠΕΧΩΔΕ, ΠΤΠ Ο155, "Κατασκευή βάσεων οδοστρωμάτων δι' αδρανών υλικών σταθεροποιημένου τύπου"
- ΕΛΟΤ - EN 197.01: "Τσιμέντο - Μέρος 1 : Σύνθεση, προδιαγραφές και κριτήρια συμμόρφωσης για κοινά τσιμέντα"
- ΕΛΟΤ - EN 197.02: "Τσιμέντο - Μέρος 2 : Αξιολόγηση συμμόρφωσης"
- Υπ.Δ.Ε., "Κανονισμός τσιμεντών για έργα από σκυρόδεμα (Προεντεταμένο, οπλισμένο και άοπλο) Διάταγμα 244/1980.

- ΕΛΟΤ - EN 196.03: "Μέθοδοι δοκιμής τσιμέντου - Μέρος 3 : Προσδιορισμός χρόνου πήξης και σταθερότητας όγκου"
- ΕΛΟΤ - EN 1008: "Νερό ανάμιξης σκυροδέματος - Προδιαγραφή για δειγματοληψία, έλεγχο και αξιολόγηση της καταλληλότητας του νερού, συμπεριλαμβανομένου του νερού που ανακτάται από διεργασίες στη βιομηχανία σκυροδέματος, για τη χρήση του ως νερό ανάμιξης σκυροδέματος"
- ΕΛΟΤ - EN 934.02: "Πρόσθετα σκυροδέματος, κονιαμάτων και ενεμάτων - Μέρος 2 : Πρόσθετα σκυροδέματος - Ορισμοί απαιτήσεις, συμμόρφωση, σήμανση και επισήμανση "
- ΕΛΟΤ - EN 934.06: "Πρόσθετα σκυροδέματος κονιαμάτων και ενεμάτων - Μέρος 6 : Δειγματοληψία, έλεγχος συμμόρφωσης και εκτίμηση της συμμόρφωσης"
- EN 13286.02: "Unbound and Hydraulically bound mixtures - Part 2: Test methods for laboratory reference density and moisture content - Proctor compaction". – Ασύνδετα και σταθεροποιημένα μίγματα – Μέρος 2: Δοκιμές για τον προσδιορισμό της εργαστηριακής πυκνότητας και περιεχομένης υγρασίας – Δοκιμή Proctor.
- ΕΛΟΤ - EN 13286.04 "Μίγματα μη σταθεροποιημένα και σταθεροποιημένα με υδραυλικές κονίες - Μέρος 4: Εργαστηριακές μέθοδοι δοκιμής αναφορικά με τη φαινόμενη πυκνότητα και την περιεκτικότητα σε νερό - Δονητική σφύρα"
- EN 13286.45: "Unbound and hydraulically bound mixtures - Part 45: Test method for the determination of the workability period of hydraulically bound mixtures". – Ασύνδετα και σταθεροποιημένα μίγματα – Μέρος 45: Δοκιμές για τον προσδιορισμό της διάρκειας του εργασίμου των σταθεροποιημένων μιγμάτων.
- ΥΠΕΧΩΔΕ, Προδιαγραφές Εργαστηριακών Δοκιμών Εδαφομηχανικής, Ε 105-86/12 : "Μέθοδος δοκιμής του Καλιφορνιακού λόγου φέρουσας ικανότητας"
- ΕΛΟΤ - EN 933.01: "Δοκιμές γεωμετρικών ιδιοτήτων των αδρανών - Μέρος 1 : Προσδιορισμός του διαγράμματος κοκκομετρίας - Μέθοδος με κόσκινα"
- ASTM D 2216: "Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass" – Πρότυπη δοκιμή εργαστηριακών προσδιορισμού της περιεχομένης υγρασίας εδαφικών και βραχωδών υλικών, κατά βάρος.
- ΕΛΟΤ - EN 933.02: "Δοκιμές για τον προσδιορισμό των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των αδρανών - Μέρος 2: Προσδιορισμός κοκκομετρικών κλασμάτων - Κόσκινα δοκιμών, ονομαστικό μέγεθος διατομών κοσκίων"
- ΕΛΟΤ - EN 13286.41: "Μίγματα μη σταθεροποιημένα και σταθεροποιημένα με υδραυλικές κονίες - Μέρος 41: Μέθοδος δοκιμής για τον προσδιορισμό της αντοχής σε θλίψη σταθεροποιημένων με υδραυλικές κονίες μιγμάτων"
- prEN 13286.51: "Unbound and hydraulically bound mixtures - Part 51 : Methods for making test specimens by vibrating hammer compaction" – Ασύνδετα και σταθεροποιημένα μίγματα. Μέρος 51: Μέθοδοι προετοιμασίας δοκιμών με χρήση δονητικής σφύρας συμπτυκνώσεως.
- ΥΠΕΧΩΔΕ, ΠΤΠ Α 202: "Ασφαλτικά αλκαλικά γαλακτώματα (ψυχραί ασφαλτοί)"
- ΥΠΕΧΩΔΕ, ΠΤΠ Α 203: "Ασφαλτικά γαλακτώματα αντιυδροφίλου τύπου"
- ΥΠΕΧΩΔΕ, ΠΤΠ Α 226: "Διπλή ασφαλτική επάλειψις προς χρήσιν επί παντός είδους νέων βάσεων"
- ΥΠΕΧΩΔΕ, Προδιαγραφές Εργαστηριακών Δοκιμών Εδαφομηχανικής, Ε 106-86/2, "Προσδιορισμός πυκνότητας εδαφών επί τόπου με τη μέθοδο της άμμου και τη βοήθεια κώνου"

- ΕΛΟΤ - EN 12504.01: "Δοκιμές σκυροδέματος στις κατασκευές - Μέρος 1 : Δοκίμια πυρήνων - Λήψη, εξέταση και δοκιμή σε θλίψη"
- ASTM D 2922: "Standard Test Methods for Density of Soil and Soil-Aggregate in Place by Nuclear Methods (Shallow Depth)" – Πρότυπη δοκιμή προσδιορισμού επί τόπου της πυκνότητας του εδάφους και των αδρανών με χρήση ραδιοϊσοτόπων (πυρηνικές μέθοδοι για μικρό βάθος).
- ASTM D 3017: "Standard Test Method for Water Content of Soil and Rock in Place by Nuclear Methods (Shallow Depth)" - Πρότυπη δοκιμή για τον επιτόπιο προσδιορισμό της περιεκτικότητας σε νερό εδαφικών και βραχωδών υλικών με χρήση ραδιοϊσοτόπων (πυρηνικές μέθοδοι για μικρό βάθος).
- ΕΛΟΤ - EN 13036.07 "Χαρακτηριστικά επιφάνειας οδών και αεροδρομίων - Μέθοδοι δοκιμής - Μέρος 7 : Μέτρηση ανωμαλιών των στρώσεων κύλισης των οδοστρωμάτων (τελική στρώση) : Μέθοδος κανόνα"
- ΕΛΟΤ - EN 933.08 "Δοκιμές γεωμετρικών ιδιοτήτων των αδρανών - Μέρος 8 : Αξιολόγηση λεπτόκοκκου κλάσματος (παιπάλης) - Δοκιμή ισοδυναμίου άμμου"
- ΕΛΟΤ - EN 1097.02: "Δοκιμές για τον προσδιορισμό των μηχανικών και φυσικών ιδιοτήτων των αδρανών - Μέρος 2: Μέθοδοι προσδιορισμού της αντίστασης σε θρυμματισμό"

2.2. ΟΡΙΣΜΟΙ

Επιτόπου ανακυκλωμένη στρώση με τσιμέντο¹ εύκαμπτου οδοστρώματος ορίζεται η στρώση από ένα ομοιόμορφο μίγμα, κατάλληλα διαστρωμένο, συμπακνωμένο και συντηρημένο που αποτελείται από:

- Τα υλικά που προέρχονται από την αναμόχλευση και τον θρυμματισμό του καταπονημένου παλιού οδοστρώματος, (συμπεριλαμβανομένων ολόκληρων ή μέρους των α) ασφαλτικών στρώσεων και β) των υποκειμένων στρώσεων)
- Τσιμέντο
- Προστιθέμενα ενδεχομένως αδρανή
- Νερό
- Χημικά πρόσθετα, αν θεωρηθεί απαραίτητο

Επιτόπου ανακύκλωση οδοστρώματος με τσιμέντο² είναι το σύνολο των εργασιών για τη δημιουργία της ανακυκλωμένης στρώσης

Ειδικότερα η ανακύκλωση οδοστρώματος συμπεριλαμβάνει τις παρακάτω διαδικασίες :

- Αναμόχλευση και θρυμματισμό του παλιού οδοστρώματος μέχρι ένα καθορισμένο βάθος, με μία συνήθως διέλευση του μηχανήματος ανακύκλωσης. Κατά τη διαδικασία αυτή, αναμιγνύονται μαζί με τα υφιστάμενα υλικά α) το τσιμέντο, β) το νερό, γ) τα κατάλληλα χημικά πρόσθετα, που ενίοτε χρησιμοποιούνται, με σκοπό την παράταση της περιόδου εργασιμότητας του επεξεργασμένου υλικού και δ) τα προστιθέμενα αδρανή υλικά κατάλληλης διαβάθμισης και προκαθορισμένης ποσότητας, τα οποία διαστρώνονται στην επιφάνεια του προς ανακύκλωση οδοστρώματος πριν ή εναλλακτικά μετά την αναμόχλευση και το θρυμματισμό, σε περιπτώσεις που κρίνεται αναγκαία η διόρθωση της διαβάθμισης του επιτόπου προς ανακύκλωση υλικού.

¹ Συντομογραφείται ανακυκλωμένη στρώση

² Συντομογραφείται "ανακύκλωση οδοστρώματος"

- Διαμόρφωση της επιφάνειας και των εγκάρσιων κλίσεων με ισοπεδωτήρα.
- Δημιουργία αρμών όταν το υλικό είναι ακόμα νωπό (προρηγμάτωση).
- Συμπύκνωση και μόρφωση της τελικής επιφάνειας.
- Συντήρηση και προστασία της επιφάνειας.

Η εκτέλεση του έργου γίνεται επιτόπου, στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, σε μία ή περισσότερες λωρίδες, με μία (συνήθως) διέλευση του μηχανήματος ανακύκλωσης.

Φρεζαρισμένο υλικό ορίζεται το υλικό που προκύπτει μετά την διέλευση του ειδικού μηχανήματος ανακύκλωσης (ανακυκλωτήρας) και μπορεί να αποτελείται από θρυμματισμένο ασφαλτόμιγμα ή από μίγμα θρυμματισμένου ασφαλτομίγματος με αναμοχλευμένο αμμοχάλικο ή άλλο υλικό που αποτελεί τις υποκείμενες του ασφαλτοτάπητα στρώσεις (στρώσεις από ΚΘΑ, ΣΕΥ, κλπ), αλλά χωρίς να έχουν ολοκληρωθεί οι διαδικασίες της ανακύκλωσης, δηλ. η ανάμιξη με τσιμέντο και νερό, η διάστρωση, η συμπύκνωση και η συντήρηση. Ειδικότερα, αν το υλικό που προκύπτει μετά τη διέλευση του μηχανήματος ανακύκλωσης (ανακυκλωτήρα) αποτελείται μόνον από ασφαλτόμιγμα θα ονομάζεται φρεζαρισμένο ασφαλτόμιγμα.

Ανακυκλωμένο με τσιμέντο οδόστρωμα³ ορίζεται το οδόστρωμα εκείνο του οποίου μία στρώση (συνήθως η βάση) έχει κατασκευαστεί με ανακύκλωση με τσιμέντο.

Νωπό ανακυκλωμένο υλικό ή νωπό μίγμα ορίζεται το ανακυκλωμένο με τσιμέντο μίγμα υλικών, που βρίσκεται ακόμη σε κατάσταση κατά την οποία μπορεί να συμπυκνωθεί με τα διαθέσιμα μηχανήματα συμπύκνωσης, επιτυγχάνοντας πυκνότητες που ικανοποιούν την Προδιαγραφή αυτή.

Αρμός εργασίας καλείται η επιφάνεια διαχωρισμού δύο διαδοχικών εργασιών διάστρωσης ανακυκλωμένου υλικού. Εάν το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ των δύο διαστρώσεων είναι μεγάλο, τότε λαμβάνονται ειδικά μέτρα για την διαμόρφωση της περιοχής του αρμού.

Αρμοί προρηγμάτωσης είναι οι εγκοπές που δημιουργούνται σε μέρος ή σε όλο το βάθος και το πλάτος μίας στρώσεως από τσιμεντόδετο υλικό, που σκοπίμως δημιουργούνται εγκάρσια προς τον άξονα της οδού, ανά ορισμένες αποστάσεις, με σκοπό την μείωση της μεταβολής του εύρους του ανοίγματος των εγκάρσιων ρωγμών των τσιμεντόδετων στρώσεων και την ελαχιστοποίηση του κινδύνου ανάδυσης στην επιφάνεια του οδοστρώματος των ρωγμών αυτών.

2.3. ΥΛΙΚΑ

2.3.1. Υλικά ανακύκλωσης

Τα προς ανακύκλωση υλικά προέρχονται από την αναμόχλευση και τον θρυμματισμό μίας ή περισσότερων στρώσεων του υπάρχοντος οδοστρώματος. Αποτελούνται από υλικά των προς ανακύκλωση στρώσεων που βρίσκονται κάτω από τις ασφαλτικές στρώσεις (συνήθως ασύνδετα αμμοχάλικα) και από φρεζαρισμένο ασφαλτόμιγμα των ασφαλτικών στρώσεων που ανακυκλώνονται (μίγματα από τεμάχια ασφαλτικού κονιάματος και μεγαλύτερων αδρανών περιβεβλημένων από άσφαλτο).

Αφού μελετηθούν τα χαρακτηριστικά, η κατάσταση και τα πάχη των στρώσεων του παλιού οδοστρώματος, αποφασίζεται αν υπάρχουν τμήματα, στα οποία, το παλιό υλικό δεν είναι κατάλληλο για επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση. Στην περίπτωση αυτή, το συγκεκριμένο υλικό πρέπει να αφαιρείται, να μεταφέρεται στον κοντινότερο εγκεκριμένο αποθετήριο χώρο και να αντικαθίσταται από κατάλληλο υλικό. Μπορεί να γίνει αποδεκτή, μετά από σύμφωνη γνώμη της

³ Συντομογραφείται ανακυκλωμένο οδόστρωμα

Υπηρεσίας, η χρησιμοποίηση υλικού που προέρχεται από εργασίες ανακύκλωσης σε άλλη περιοχή διαφορετική εκείνης του έργου.

Δεν πρέπει να υπάρχει δυνατότητα άμεσης αντίδρασης του προς ανακύκλωση υλικού με τα αλκαλικά στοιχεία του τσιμέντου. Σε υλικά για τα οποία δεν υπάρχει αρκετή εμπειρία όσον αφορά στη συμπεριφορά τους όταν αυτά αναμιγνύονται με τσιμέντο, ελέγχονται ως προς την αλκαλοπυριτική αντίδραση σύμφωνα με το Πρότυπο ASTM C 289. Πέραν του διαγράμματος S_c vs R_c της παραπάνω προδιαγραφής το υλικό θεωρείται ως αντιδρόν άν:

$S_c > R_c$, όταν $R_c \geq 70$

$S_c > 35 + 0.5 R_c$, όταν $R_c < 70$

Το φρεζαρισμένο υλικό δεν θα περιέχει κόκκους με μέγεθος μεγαλύτερο των ογδόντα χιλιοστών (80 mm). Σε αντίθετη περίπτωση, λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα για την απομάκρυνσή τους.

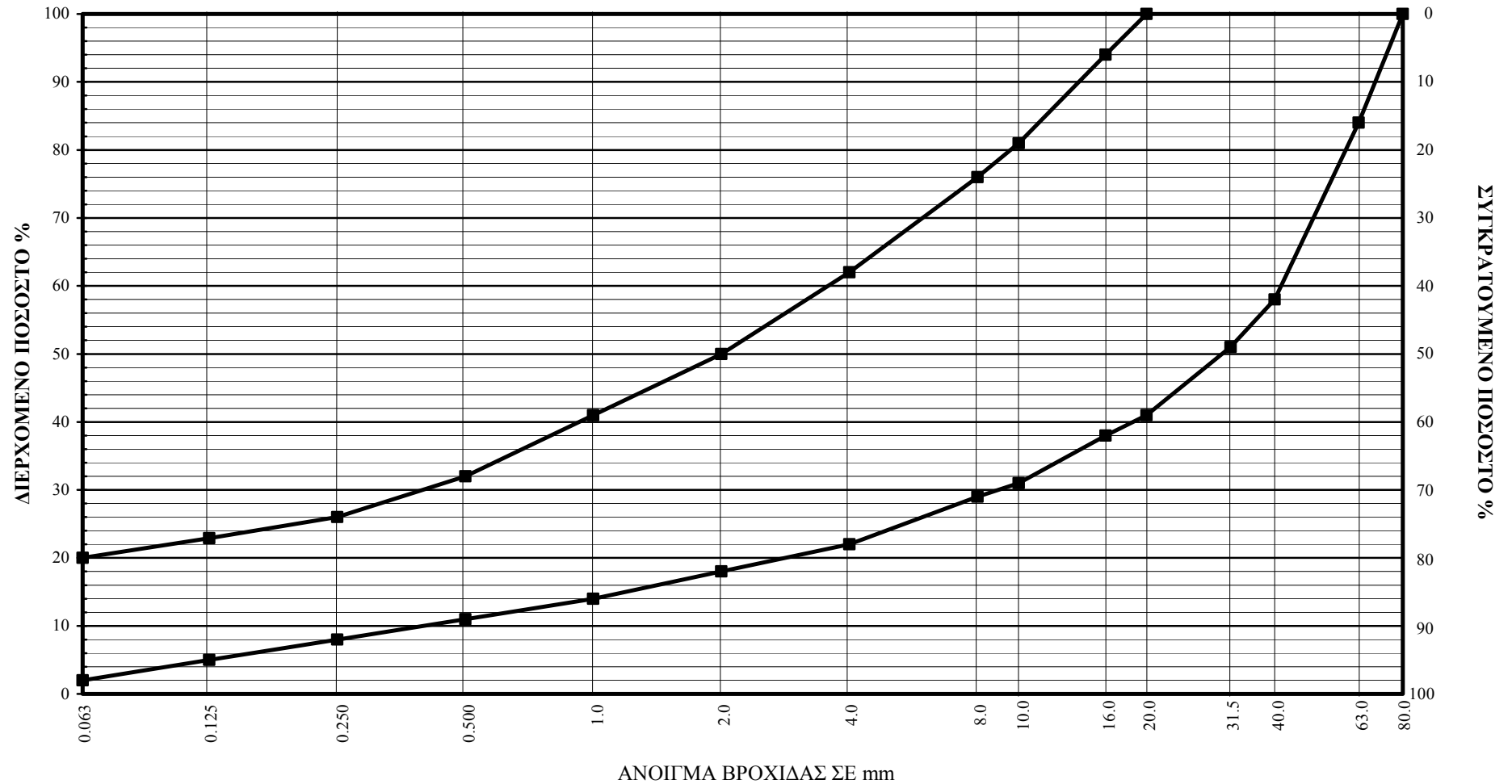
Η κοκκομετρική διαβάθμιση του φρεζαρισμένου υλικού μετά και την τυχόν προσθήκη προστιθέμενου θραυστού υλικού πρέπει να είναι μέσα στη ζώνη διαβάθμισης του Πίνακα 4-1, (Σχ. 4-1). Είναι δυνατόν, να επιτραπεί η χρήση φρεζαρισμένου υλικού εκτός των ορίων της ως άνω ζώνης, μετά από μελέτη η οποία θα αποδεικνύει ότι επιτυγχάνονται οι απαιτούμενες αντοχές.

Σε κάθε περίπτωση, το ποσοστό του διερχομένου υλικού από το κόσκινο ανοίγματος τεσσάρων χιλιοστών (4 mm), δεν πρέπει να είναι μικρότερο από είκοσι τοις εκατό (20 %) της συνολικής μάζας και από το κόσκινο ανοίγματος 63 μm δεν πρέπει να υπερβαίνει το 25 %. Ο συντελεστής ομοιομορφίας πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 10. Εφ' όσον αυτά τα όρια δεν επιτυγχάνονται, είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση προστιθέμενων αδρανών για τη διόρθωση της κοκκομετρικής σύνθεσης του θρυμματισμένου υλικού του παλιού οδοστρώματος.

Πίνακας 4-1 : Ζώνη κοκκομετρικής διαβάθμισης ανακυκλωμένου υλικού

Άνοιγμα κόσκινου (mm)	Διερχόμενο ποσοστό (%)	
	Κάτω όριο	Άνω όριο
80	100	
63	84	
40	58	
31,5	51	
20	41	100
16	38	94
10	31	81
8	29	76
4	22	62
2	18	50
1	14	41
0,5	11	32
0,25	8	26
0,125	5	23
0,063	2	20

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ



Σχήμα 4-1 : Ζώνη κοκκομετρικής διαβάθμισης ανακυκλωμένου υλικού

Όσον αφορά την καθαρότητα, το φρεζαρισμένο υλικό δεν πρέπει να περιέχει οργανικά ή άλλα επιβλαβή υλικά που μπορούν να επηρεάσουν τη διαδικασία ενυδάτωσης του τσιμέντου. Η περιεκτικότητα του υλικού αυτού σε οργανικές ύλες, προσδιοριζόμενη σύμφωνα με το πρότυπο AASHTO T-194, δεν θα υπερβαίνει το ένα τοις εκατό (1 %) της μάζας. Επίσης, η περιεκτικότητα του μίγματος σε θειικά στοιχεία, εκφρασμένα σε SO₃ σύμφωνα με το Πρότυπο BS 1377, Part 3, δεν θα είναι μεγαλύτερη του ένα τοις εκατό (1 %) της μάζας του.

Ο δείκτης πλαστικότητας, προσδιοριζόμενος σύμφωνα με την Προδιαγραφή E 105-86/6 (ΥΠΕΧΩΔΕ), πρέπει να είναι ίσος ή μικρότερος του δεκαπέντε (PI ≤15%) και αντίστοιχα, το όριο υδαρότητας, προσδιοριζόμενο σύμφωνα με την Προδιαγραφή E 105-86/5 (ΥΠΕΧΩΔΕ), πρέπει να είναι μικρότερο ή ίσο του τριανταπέντε (LL ≤35%). Αν το υλικό δεν πληροί αυτές τις απαιτήσεις, θα πρέπει να προηγηθεί επεξεργασία με υδράσβεστο. Η απαιτούμενη ποσότητα της υδρασβέστου θα πρέπει να καθοριστεί με δοκιμές που θα γίνουν στο εργαστήριο.

2.3.2. Προστιθέμενα θραυστά υλικά

Αν είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση προστιθέμενων θραυστών αδρανών στο φρεζαρισμένο υλικό προκειμένου να διορθωθεί η κοκκομετρία του, τότε αυτά πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις της ΠΤΠ Ο155 ως προς τις ιδιότητες των υλικών, πλήν της κοκκοδιαβάθμισης. Η κοκκομετρική σύνθεση του θραυστού υλικού που θα προστεθεί προσδιορίζεται με τη μελέτη σύνθεσης.

Το ίδιο ισχύει και για τις περιπτώσεις που απαιτείται και η χρήση προστιθέμενων θραυστών υλικών για άλλους λόγους όπως π.χ. για τα ερείσματα, για τη συμπλήρωση του πάχους της προς ανακύκλωση στρώσης, για την πραγματοποίηση διαπλάτυνσης της παλαιάς οδού.

Στις περιπτώσεις αυτές, το θραυστό υλικό που θα χρησιμοποιηθεί, πρέπει να επιλεγεί με τέτοιο τρόπο ώστε η θλιπτική αντοχή που θα αποκτήσει το τελικό υλικό των ζωνών αυτών, με τη χρήση τσιμέντου της ίδιας κατηγορίας αντοχής και με το ίδιο ποσοστό, να είναι ίση ή το πολύ μέχρι είκοσι τοις εκατό (20 %) μεγαλύτερη από την αντοχή του υλικού των ανακυκλούμενων ζωνών χωρίς χρήση προστιθέμενου υλικού.

2.3.3. Τσιμέντο

Το τσιμέντο θα πληροί τις απαιτήσεις των Προτύπων ΕΛΟΤ - EN 197.01 και ΕΛΟΤ - EN 197.02 που αναφέρονται στη σύνθεση και στην αποδοχή των τσιμέντων.

Χρησιμοποιούνται τσιμέντα που ανήκουν στη κατηγορία 32.5 N από πλευράς αντοχής. Μπορεί να επιτραπεί η χρήση τσιμέντου υψηλότερης αντοχής ή ταχύτερης αναπτύξεως αντοχής (τύπου R), για ειδικές περιπτώσεις, μετά από αιτιολόγηση (π.χ. σε εποχές που ο καιρός είναι πολύ κρύος).

Αν το ποσοστό των θειικών στοιχείων SO₃ που περιέχεται στο προς ανακύκλωση υλικό, προσδιοριζόμενο σύμφωνα με το Πρότυπο BS 1377, Part 3, είναι μεγαλύτερο από πέντε τοις χιλίοις (0.5 %), θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί τσιμέντο ανθεκτικό στα θειικά που ικανοποιεί τις απαιτήσεις του ΠΔ 244/1980.

Δεν επιτρέπεται η χρήση μιγμάτων τσιμέντου και πρόσμικτων υλικών, αν αυτά δεν έχουν παραχθεί σε εργοστάσιο τσιμέντου.

Η έναρξη της πήξης του τσιμέντου, προσδιοριζόμενη σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ - EN 196.03, δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να είναι μικρότερη από 2 ώρες. Ωστόσο, αν η διάστρωση του τσιμέντου γίνει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος μεγαλύτερη των τριάντα βαθμών Κελσίου (30 °C), η έναρξη της πήξης, προσδιοριζόμενη σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ - EN 196.03 σε τσιμεντοπολιτό θερμοκρασίας 40 ± 2 °C, δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από 1 ώρα. Για την διαπίστωση της παραπάνω ιδιότητας μπορεί να γίνει αποδεκτό πιστοποιητικό από το εργοστάσιο παραγωγής τσιμέντου.

2.3.4. Νερό

Το νερό που προστίθεται στο μίγμα του προς ανακύκλωση υλικού θα πληροί τις απαιτήσεις του Προτύπου ΕΛΟΤ - EN 1008.

2.3.5. Χημικά πρόσθετα

Στη μελέτη σύνθεσης θα γίνεται αναφορά στα χημικά πρόσθετα που μπορούν ή επιβάλλεται να χρησιμοποιηθούν. Μετά από κατάλληλες δοκιμές προσδιορίζεται ο τύπος και το ποσοστό του πρόσθετου για να επιτευχθεί η επιθυμητή περίοδος εργασιμότητας στο μίγμα ή/και να βελτιωθούν άλλες ιδιότητές του. Αν η διαδικασία της ανακύκλωσης γίνει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος μεγαλύτερη των τριάντα βαθμών Κελσίου (30 °C), είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση επιβραδυντικών πρόσθετων. Κατά την κατασκευή, θα πρέπει να ληφθούν όλα τα αναγκαία μέτρα ώστε να επιτευχθεί η σωστή ενσωμάτωση του πρόσθετου στο μίγμα. Επίσης θα πρέπει να ληφθούν υπόψη, τόσο στη μελέτη όσο και στην κατασκευή, οι τυχόν αλλαγές των ιδιοτήτων του μίγματος λόγω της παρουσίας των προσθέτων αυτών.

Τα χημικά πρόσθετα που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να είναι σύμφωνα με τις απαιτήσεις των Προτύπων ΕΛΟΤ - EN 934.02 και ΕΛΟΤ - EN 934.06.

2.4. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ

2.4.1. Γενικά

Συντάσσονται οι εξής μελέτες :

- Προκαταρκτική μελέτη βασισμένη σε "ιστορικά στοιχεία"
- Μελέτη βασισμένη σε μετρήσεις
- Μελέτη εφαρμογής

Γενικά τα ανακυκλωμένα μίγματα πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις που αναφέρονται στην Παράγραφο 5.2 και κάθε μελέτη σύνθεσης μίγματος στοχεύει στο να εξασφαλίσει ότι κατά την κατασκευή οι απαιτήσεις αυτές ικανοποιούνται.

2.4.2. Απαιτήσεις της μελέτης σύνθεσης

Ο τύπος και η σύνθεση του ανακυκλωμένου μίγματος καθορίζονται από τη μελέτη σύνθεσης, στην οποία αναφέρεται και η κοκκομετρία του προστιθέμενου θραυστού υλικού, οι οριακές τιμές της περιεκτικότητας του μίγματος σε τσιμέντο και η ελάχιστη αντοχή του ανακυκλωμένου υλικού σε θλίψη.

Η περιεκτικότητα του μίγματος σε τσιμέντο δεν πρέπει να είναι μικρότερη από τρία τοις εκατό (3 %) κατά βάρος των ξηρών υλικών του μίγματος.

Τα δοκίμια που θα παρασκευαστούν για να προσδιοριστεί η αντοχή του υλικού, θα συμπυκνωθούν με δονητική ηλεκτρόσφουρα και στη συνέχεια, μετά την καθορισμένη περίοδο συντήρησης, θα δοκιμαστούν σε θλίψη.

Η αντοχή σε θλίψη δοκιμίων ανακυκλωμένου υλικού ηλικίας επτά (7) ημερών θα είναι κατ' ελάχιστον 7 MPa και δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 10 MPa.

Επιπλέον για να εξασφαλιστεί η ανθεκτικότητα του ανακυκλωμένου μίγματος, πρέπει ο μέσος όρος της αντοχής σε θλίψη σε ηλικία 14 ημερών, 5 δοκιμίων που παρασκευάστηκαν με το ποσοστό του τσιμέντου που προσδιορίστηκε παραπάνω, να έχει τιμή μετά από 7ήμερο υδρεμποτισμό όχι μικρότερη από το 80 % της αντοχής των κανονικώς συντηρηθέντων δοκιμίων της ίδιας ηλικίας (14

ημέρες). Επίσης τα δοκίμια μετά τον υδρεμποτισμό δεν πρέπει να παρουσιάζουν εμφανή ρηγμάτωση ή διόγκωση.

Η βέλτιστη υγρασία για συμπίκνωση καθορίζεται με την τροποποιημένη δοκιμή συμπίκνωσης σύμφωνα με το Πρότυπο EN 13286.02 (τροποποιημένη δοκιμή Proctor) ή σύμφωνα με το ΕΛΟΤ - EN 13286.04 (δονητική ηλεκτρόσφυρα). Με τη δοκιμή αυτή καθορίζεται επίσης η πυκνότητα αναφοράς με βάση την οποία γίνεται ο έλεγχος συμπίκνωσης της ανακυκλωμένης στρώσης, βλ. Παρ. 8.2 και 9.2.

Η χρονική περίοδος εργασιμότητας του μίγματος θα πρέπει να επιτρέπει την ολοκλήρωση της συμπίκνωσης μιας λωρίδας πριν να λήξει η περίοδος εργασιμότητας της ήδη ανακυκλωμένης γειτονικής λωρίδας. Η χρονική περίοδος εργασιμότητας καθορίζεται σύμφωνα με το Πρότυπο EN 13286.45, με την παρασκευή μιγμάτων στη μέση θερμοκρασία του περιβάλλοντος που επικρατεί μεταξύ 12:00 και 15:00.

Οι χρόνοι εργασιμότητας θα καθορίζονται από τις συνθήκες του εκάστοτε έργου (π.χ. δυνατότητα διοχέτευσης της κυκλοφορίας) και πάντως δεν πρέπει να είναι μικρότεροι από :

- 180 min όταν η εργασία ανακύκλωσης γίνεται σε όλο το πλάτος του οδοστρώματος
- 240 min όταν η εργασία ανακύκλωσης γίνεται ανά λωρίδες χωρίς κυκλοφορία σε παράπλευρες λωρίδες
- 300 min όταν η εργασία ανακύκλωσης γίνεται με κυκλοφορία σε παράπλευρες λωρίδες

Ειδικές απαιτήσεις για άμεση απόδοση της στρώσης στην κυκλοφορία

Σε περιπτώσεις που απαιτείται να δοθεί η ανακυκλωμένη στρώση αμέσως σε κυκλοφορία, πρέπει το ανακυκλωμένο μίγμα να έχει μεγάλη αρχική ευστάθεια. Η απαίτηση αυτή θεωρείται ότι καλύπτεται, εφόσον δοκίμια παρασκευαζόμενα στη μήτρα CBR με πυκνότητα ίση τουλάχιστον με το 97 % της μέγιστης εργαστηριακής πυκνότητας (πυκνότητα αναφοράς που αναφέρθηκε παραπάνω), υποβαλλόμενα αμέσως μετά την παρασκευή τους σε δοκιμή CBR (Προδιαγραφή Ε 105-86/12, ΥΠΕΧΩΔΕ) χωρίς βάρη επιφόρτισης, δίνουν τιμή τουλάχιστον ίση με 70 %.

2.4.3. Προκαταρκτική μελέτη με ιστορικά στοιχεία

Η μελέτη αυτή διενεργείται από την Υπηρεσία ή από Μελετητή. Με τη μελέτη αυτή κρίνεται, με βάση τα στοιχεία που υπάρχουν από την κατασκευή και τις τυχόν εργασίες συντήρησης του υπό μελέτη οδοστρώματος, αν η μέθοδος της ανακύκλωσης με τσιμέντο είναι πρόσφορη από τεχνική και οικονομική άποψη. Το μήκος του υπόψη οδοστρώματος χωρίζεται σε επιμέρους τμήματα με βάση τα στοιχεία που υπάρχουν, και εκτιμάται το ποσοστό του τσιμέντου και οι αναλογίες φρεζαρισμένου ασφαλτομίγματος και αδρανών υλικών καθώς και αν κρίνεται αναγκαία η προσθήκη θραυστού υλικού για να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις της Παρ. 5.2.

2.4.4. Μελέτη βασισμένη σε μετρήσεις

Η μελέτη αυτή διενεργείται από την Υπηρεσία ή από Μελετητή. Επιθεωρείται η προς ανακύκλωση επιφάνεια και γίνεται επαλήθευση ή διόρθωση του διαχωρισμού των τμημάτων του προς ανακύκλωση οδοστρώματος που είχε γίνει στην προκαταρκτική μελέτη με ιστορικά στοιχεία. Λαμβάνονται αντιπροσωπευτικά δείγματα των υλικών για κάθε τμήμα του έργου, μέσω πυρήνων, διερευνητικών τομών και άλλων μεθόδων δειγματοληψίας, έτσι ώστε να εξακριβωθεί το πάχος και ο τύπος των υλικών των διαφόρων στρώσεων. Κατ' ελάχιστο θα γίνονται δύο πυρηνοληψίες και μία διερευνητική τομή ανά χιλιόμετρο. Ο αριθμός των τομών πρέπει να πυκνώσει αν τα αποτελέσματα δεν είναι εντός των αναμενομένων ορίων. Σε κάθε δείγμα που λαμβάνεται από κάθε επιλεχθείσα ζώνη, επομένως για κάθε κατηγορία υλικού, πρέπει να προσδιοριστούν τα ακόλουθα :

- Κοκκομετρική διαβάθμιση που προσδιορίζεται από το πρότυπο ΕΛΟΤ - EN 933.01.

- Όριο υδαρότητας και δείκτης πλαστικότητας που προσδιορίζονται σύμφωνα με τις Προδιαγραφές Ε 105-86/5 και Ε 105-86/6 (ΥΠΕΧΩΔΕ).
- Περιεκτικότητα σε θειικά στοιχεία, που προσδιορίζεται από τον Κανονισμό BS 1377, Part 3.
- Περιεκτικότητα σε οργανικές ύλες, που προσδιορίζεται από τον Κανονισμό AASHTO T-194.
- Περιεχόμενη υγρασία, που προσδιορίζεται σύμφωνα με το Πρότυπο ASTM D 2216.
- Τροποποιημένη δοκιμή συμπίκνωσης, που προσδιορίζεται από το Πρότυπο EN 13286.02 (τροποποιημένη δοκιμή Proctor) ή από το Πρότυπο ΕΛΟΤ - EN 13286.04 (δονητική ηλεκτρόσφουρα).
- Η παρουσία στοιχείων που θα αναστείλουν ή θα προκαλέσουν προβλήματα στην ενυδάτωση του τσιμέντου όπως τα οργανικά, αλκαλικά και χλωριούχα στοιχεία.

Εάν οι δοκιμές των υλικών που λήφθηκαν από τις δειγματοληψίες παρουσιάζουν διαφορές μεγαλύτερες από τις τιμές που δίνονται στον Πίνακα 5-1, τότε τα τμήματα από τα οποία λήφθηκαν τα δείγματα θεωρούνται ανεξάρτητα μεταξύ των και πρέπει να γίνει ξεχωριστή μελέτη για κάθε ένα από αυτά.

Πίνακας 5-1 : Μέγιστες αποδεκτές ανοχές σε ομοιογενή τμήματα.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		ΜΟΝΑΔΑ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΟΧΗ
Κοκκομετρία του υλικού (κόσκικα ΕΛΟΤ - EN 933.02)	Μέγιστος κόκκος	% κ.β. του ξηρού προς ανακύκλωση υλικού	0
	Διερχόμενο % από κόσκικο ανοίγματος 4 mm		±10
Μέγιστη πυκνότητα από δοκιμή συμπίκνωσης*		%	±5

* Τροποποιημένη δοκιμή Proctor (EN 13286.02) ή δονητική ηλεκτρόσφουρα (ΕΛΟΤ - EN 13286.04)

Στη μελέτη γίνεται ομαδοποίηση των χαρακτηριστικών των υλικών από τις δειγματοληψίες και το προς ανακύκλωση τμήμα χωρίζεται σε όμοια τμήματα με κριτήριο τις ανοχές του Πίνακα 5-1. Σε κάθε τμήμα γίνεται ξεχωριστή μελέτη σύνθεσης με βάση τον μέσο όρο των τιμών του τμήματος. Η μελέτη συγκρίνεται οικονομικά με άλλες δόκιμες μεθόδους αποκατάστασης του υπόψη οδοστρώματος και γίνεται η δημοπράτηση του έργου.

Στη φάση αυτή, με βάση τη μελέτη σύνθεσης και τα στοιχεία των τυχόν υποκειμένων στρώσεων και του υπεδάφους, καθορίζεται το απαιτούμενο πάχος του οδοστρώματος.

2.4.5. Μελέτη εφαρμογής

Η μελέτη αυτή διενεργείται από τον Ανάδοχο. Η εκτέλεση των εργασιών ανακύκλωσης δεν μπορεί να ξεκινήσει πριν τη σύμφωνη γνώμη της Υπηρεσίας για την κατάλληλη μελέτη σύνθεσης, η οποία θα περιλαμβάνει τουλάχιστον τα ακόλουθα :

- Τα πάχη των στρώσεων του προς ανακύκλωση οδοστρώματος
- Την κοκκομετρική ανάλυση του ανακυκλωμένου υλικού και το ποσοστό και την κοκκομετρία του προστιθέμενου θραυστού υλικού που ενδεχομένως απαιτείται.
- Τον τύπο και την κατηγορία αντοχής του τσιμέντου και το ποσοστό του στη μάζα του προς ανακύκλωση ξηρού υλικού και, για κάθε περίπτωση, η απαιτούμενη ποσότητα ανηγμένη ανά m² επιφάνειας
- Το ποσοστό του νερού του μίγματος σε σχέση με τη συνολική μάζα του προς ανακύκλωση ξηρού υλικού

- Τον τύπο και το ποσοστό των πρόσθετων, σε σχέση με τη συνολική μάζα του προς ανακύκλωση ξηρού υλικού
- Την ελάχιστη τιμή της πυκνότητας
- Τον χρόνο εργασιμότητας του μίγματος, στη μέση θερμοκρασία του περιβάλλοντος που επικρατεί μεταξύ 12:00 και 15:00 μετά την έναρξη της εκτέλεσης του έργου
- Για την περίπτωση που προβλέπεται άμεση απόδοση της ανακυκλωμένης στρώσης στην κυκλοφορία, θα πραγματοποιούνται 3 δοκιμές CBR (βλ. Παρ. 5.2.1).

Το ποσοστό του νερού στο μίγμα θα αντιστοιχεί στη μέγιστη πυκνότητα της τροποποιημένης δοκιμής Proctor, που καθορίζεται από το Πρότυπο EN 13286.02 ή ΕΛΟΤ - EN 13286.04, που πραγματοποιήθηκε στο μίγμα των προς ανακύκλωση υλικών, των προστιθέμενων αδρανών, και ανά περίπτωση, με το ποσοστό του τσιμέντου που έχει καθοριστεί για κάθε τμήμα του έργου. Είναι προφανές, ότι λόγω της ανομοιομορφίας των προς ανακύκλωση υλικών, είναι πιθανόν να χρειαστούν τροποποιήσεις του ποσοστού της περιεχόμενης υγρασίας κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του έργου. Σημειώνεται ότι πριν από την έναρξη των συμβατικών εργασιών κατασκευάζεται δοκιμαστικό τμήμα, στο οποίο ελέγχεται και η μελέτη σύνθεσης με τα επιτόπου υλικά και τα μηχανήματα που θα χρησιμοποιηθούν, βλ. Παρ. 8.

Το ποσοστό του τσιμέντου στο μίγμα καθορίζεται με δοκιμή σε θλίψη, σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ - EN 13286.41, σε ηλικία 7 ημερών, έτσι ώστε να πληρούνται οι απαιτήσεις της Παρ. 5.2. Τα δοκίμια συμπυκνώνονται, σύμφωνα με το Πρότυπο prEN 13286.51, με την ενέργεια με την οποία επιτυγχάνεται η πυκνότητα που περιγράφεται στην Παράγραφο 9.2.

Απαιτείται νέα μελέτη σύνθεσης, κάθε φορά που μεταβάλλονται τα χαρακτηριστικά και ο προμηθευτής του τσιμέντου και, ανά περίπτωση, τα πρόσθετα χημικά υλικά καθώς και τα προστιθέμενα θραυστά αδρανή. Σε περίπτωση έντονης μεταβολής των συνθηκών του περιβάλλοντος θα καθορίζεται νέος χρόνος εργασιμότητας του μίγματος.

Οι αποδεκτές ανοχές των χαρακτηριστικών των υλικών σε σχέση με τη μελέτη σύνθεσης των υλικών δίνονται στον Πίνακα 5-2.

Πίνακας 5-2 : Αποδεκτές ανοχές των χαρακτηριστικών των υλικών σε σχέση με τη μελέτη σύνθεσης

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		ΜΟΝΑΔΑ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΟΧΗ
'Ανοιγμα κόσκινων ΕΛΟΤ - EN 933.02	Μέγιστος κόκκος	% της συνολικής μάζας του προς ανακύκλωση ξηρού υλικού	0
	> 4 mm		±12
	≤ 4 mm		±10
	0.063 mm (συμπεριλαμβανομένου του τσιμέντου)		±2.0
Μέγιστη πυκνότητα από δοκιμή συμπύκνωσης*			±5.0

* Τροποποιημένη δοκιμή Proctor (EN 13286.02) ή δονητική ηλεκτρόσφουρα (ΕΛΟΤ - EN 13286.04)

3. ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

3.1. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ

3.1.1. Μηχανήματα για την εκτέλεση της Επιτόπου Ανακύκλωσης

Ο μηχανικός εξοπλισμός έργων επιτόπου εν ψυχρώ ανακύκλωσης οδοστρωμάτων θα αποτελείται τουλάχιστον από τα ακόλουθα μηχανήματα :

- Φρεζαρίσματος
- Ανάμιξης
- Διάστρωσης και ενδεχομένως προσυμπύκνωσης
- Δοσολόγησης και διανομής του τσιμέντου
- Δοσολόγησης και διανομής του νερού
- Δημιουργίας αρμών στο νωπό υλικό
- Συμπύκνωσης
- Επιπέδωσης της επιφάνειας

Ο μηχανικός εξοπλισμός που χρησιμοποιείται θα αποτελείται από ανεξάρτητα μηχανήματα ή από μηχανήματα που θα μπορούν να εκτελέσουν δύο ή και περισσότερες από τις παραπάνω εργασίες.

Ο εξοπλισμός θα πρέπει να έχει γίνει κατ' αρχήν αποδεκτός από την Υπηρεσία, σύμφωνα με τις απαιτήσεις που αναφέρονται στην παράγραφο αυτή και στους όρους δημοπράτησης. Η καταλληλότητα, εν συνεχεία, θα πρέπει να επιβεβαιωθεί κατά την κατασκευή του δοκιμαστικού τμήματος.

Το μηχάνημα φρεζαρίσματος πρέπει να μπορεί να φρεζάρει το υπάρχον οδόστρωμα στο απαιτούμενο βάθος και πλάτος και να παράγει ένα νέο ομοιογενές υλικό με την απαιτούμενη κοκκομετρική σύνθεση σε μία μόνο διέλευση, με σταθερή ή με αυτόματα ρυθμιζόμενη ταχύτητα από το μηχάνημα. Πρέπει να διαθέτει σύστημα ελέγχου με το οποίο θα εξασφαλίζεται ότι το φρεζάρισμα πραγματοποιείται στο προκαθορισμένο βάθος. Το ελάχιστο πλάτος εργασίας μπορεί να προσδιορίζεται στους όρους δημοπράτησης και δεν θα μπορεί να είναι μικρότερο από το μισό του πλάτους της λωρίδας. Το ελάχιστο πλάτος του μηχανήματος δεν θα μπορεί να είναι μικρότερο από δύο μέτρα (2 m). Το μηχάνημα φρεζαρίσματος πρέπει να διαθέτει σύστημα που να εξασφαλίζει ότι το υλικό που προκύπτει από το φρεζάρισμα των ασφαλτικών στρώσεων, θρυμματίζεται σε τέτοιο βαθμό, έτσι ώστε να μην περιέχει τεμάχια φρεζαρισμένου ασφαλτομίγματος μεγαλύτερα από 50 mm.

Ο εφοδιασμός του τσιμέντου και του νερού της μηχανής ανακύκλωσης γίνεται γενικά μέσω σιλό ή κινητών δεξαμενών, με κατάλληλα τοποθετημένους διανεμητήρες. Θα υπάρχει σύστημα αυτόματου ελέγχου της δοσολογίας, με το οποίο θα είναι δυνατή η επίτευξη της επιθυμητής δοσολογίας σε όλο το πλάτος και βάθος του προς ανακύκλωση φρεζαρισμένου υλικού, ανάλογα με την εξέλιξη των εργασιών και με την ταχύτητα του μηχανήματος ανάμιξης και επιπλέον σύμφωνα με τις παρακάτω ανοχές :

- Τσιμέντο : ± 0.3 % κατά βάρος της συνολικής μάζας του προς ανακύκλωση ξηρού υλικού
- Νερό : ± 0.3 % κατά βάρος της συνολικής μάζας του εκάστοτε προστιθέμενου νερού

Το μηχάνημα ανάμιξης πρέπει να εξασφαλίζει ότι το παραγόμενο μίγμα είναι ομοιογενές και ομοιόμορφο. Μπορεί να είναι ανεξάρτητο από τη μηχανή φρεζαρίσματος ή να είναι τμήμα αυτής.

Στη δεύτερη περίπτωση πρέπει το σύστημα ελέγχου της δοσολογίας να είναι ενσωματωμένο στο μηχανισμό φρεζαρίσματος.

Θα πρέπει να λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα και να διατίθεται το απαιτούμενο εργατικό δυναμικό έτσι ώστε οι ζώνες επικάλυψης μεταξύ των λωρίδων ανακύκλωσης να πληρούν όλες τις απαιτήσεις περιεκτικότητας του κάθε υλικού, συμπύκνωσης και μόρφωσης της επιφάνειας.

Η ενσωμάτωση του τσιμέντου στο μίγμα θα είναι συνεχής, ώστε να μην διακόπτεται η διαδικασία της ανάμιξης και της διάστρωσης για τον εφοδιασμό του μηχανήματος με τσιμέντο.

Το τσιμέντο θα προστίθεται ως υδαρές αιώρημα. Κατ' εξαίρεση, σε ειδικές περιπτώσεις π.χ. μικρά έργα, περιοχές οι οποίες δεν είναι εκτεθειμένες σε ισχυρούς ανέμους, δεν υπάρχει γεινίαση με κατοικημένες περιοχές κ.λ.π., μετά από σύμφωνη γνώμη της Υπηρεσίας, θα μπορεί να προστεθεί με μορφή σκόνης. Στην περίπτωση αυτή θα χρησιμοποιηθούν μηχανήματα με σταθμισμένη δοσολογία και διανεμητήρες που μπορούν να αποτελούνται από φορητά-σίλο ή βυτιοφόρα οχήματα τα οποία φέρουν στο πίσω μέρος τους ειδικό μηχανήμα που να διανέμει σταθερή ποσότητα τσιμέντου ανά μονάδα επιφάνειας ανεξάρτητα από την ταχύτητα του οχήματος. Αν η εκφόρτωση του τσιμέντου στο προς ανακύκλωση οδόστρωμα πραγματοποιείται από ύψος μεγαλύτερο των δέκα εκατοστών (10 cm), ο μηχανισμός εκφόρτωσης πρέπει να είναι προστατευμένος με "πετάσματα" των οποίων το κάτω μέρος δεν θα απέχει περισσότερο από δέκα εκατοστά (10 cm) από την επιφάνεια του οδοστρώματος.

Στην περίπτωση παροχής του τσιμέντου σε μορφή υδαρούς αιωρήματος, η μηχανή παρασκευής του αιωρήματος πρέπει να είναι εξοπλισμένη με αναμικτήρα στον οποίο θα παρέχεται νερό μετρημένο κατ' όγκο και τσιμέντο σε μορφή σκόνης μετρημένο κατά βάρος. Το μηχανήμα ανακύκλωσης πρέπει να μπορεί να προσαρμόσει τις δοσολογίες των υλικών που αναφέρονται στη μελέτη σύνθεσης, ανάλογα με το πλάτος και το βάθος επεξεργασίας του προς ανακύκλωση υλικού και την ταχύτητα του οχήματος που προπορεύεται και επιπλέον σύμφωνα με τις ανοχές που ήδη αναφέρθηκαν στην παρούσα παράγραφο. Προς τούτο πρέπει να είναι εξοπλισμένο με ένα δοσομετρητή - διανεμητή κατ' όγκο του αιωρήματος, με αντλία ρευστού υλικού, ψεκαστήρα και μηχανισμό αυτόματου ελέγχου προγραμματισμένης δοσολογίας.

Πρέπει να διατίθεται ένα βυτιοφόρο αυτοκίνητο ή παρόμοιος εξοπλισμός ικανός να εισάγει στον ανακυκλωτήρα ή στο διανεμητήρα το νερό του μίγματος με την απαραίτητη αναλογία, σύμφωνα με την ταχύτητα και το βάθος επεξεργασίας του μηχανήματος.

Στην περίπτωση που θα χρησιμοποιηθούν χημικά πρόσθετα, ή όταν ο ανακυκλωτήρας δεν διαθέτει ειδικούς μηχανισμούς για την εισαγωγή των πρόσθετων στην επιθυμητή δόση, αυτά θα ενσωματώνονται στη συσκευή τροφοδοσίας του νερού. Στην περίπτωση αυτή θα διατίθενται δοσομετρητές για την επίτευξη της απαραίτητης δοσολογίας του πρόσθετου στο μίγμα.

3.1.2. Μηχανήματα συμπύκνωσης

Όλοι οι οδοστρωτήρες πρέπει να είναι αυτοπρωθούμενοι. Οι δονητικοί πρέπει να διαθέτουν αυτόματο μηχανισμό για να σταματά η δόνηση κατά την αναστροφή της πορείας τους.

Ο μηχανικός εξοπλισμός συμπύκνωσης πρέπει να μπορεί να επιτύχει την επιθυμητή πυκνότητα, η οποία πρέπει να είναι ομοιογενής σε όλο το βάθος της ανακυκλωμένης στρώσης. Η επίτευξη της ομοιογένειας θα επαληθευθεί στο δοκιμαστικό τμήμα. Θα χρησιμοποιηθεί τουλάχιστον ένας δονητικός αυτοπρωθούμενος οδοστρωτήρας και ένας ελαστικοφόρος.

Ο δονητικός οδοστρωτήρας πρέπει να διαθέτει λείους μεταλλικούς κυλίνδρους με στατικό φορτίο στη γενέτειρα όχι κατώτερο από 300 N/cm, θα είναι συνολικής δονούμενης μάζας κατ' ελάχιστον 15 t με κατάλληλο εύρος και συχνότητα δόνησης. Ο ελαστικοφόρος οδοστρωτήρας θα είναι

συνολικού φορτίου 35 t, του οποίου το φορτίο ανά τροχό θα είναι τουλάχιστον 5 t και η εσωτερική πίεση δεν θα είναι κατώτερη από 0.8 MPa.

Οι δονητικοί οδοστρωτήρες με μεταλλικούς κυλίνδρους δεν πρέπει να παρουσιάζουν ίχνη από το πέρασμά τους ούτε ανωμαλίες. Αυτοί που έχουν ελαστικά, πρέπει να έχουν λείους τροχούς, αριθμό, μέγεθος και διάταξη ελαστικών τέτοια, ώστε να επιτρέπουν την σωστή επικάλυψη των λωρίδων εργασίας.

Σε περιοχές που είναι αδύνατη η πρόσβαση του χρησιμοποιούμενου μηχανικού εξοπλισμού συμπίκνωσης θα γίνει χρήση άλλων μηχανημάτων συμπίκνωσης, με μέγεθος και συμπτωκνωτική ικανότητα κατάλληλη για την πραγματοποίηση των εργασιών.

Ιδιαίτερη προσοχή θα δίνεται σε περιπτώσεις συμπίκνωσης στρώσεων πάχους μεγαλύτερου των 200 mm για την επίτευξη του απαιτούμενου βαθμού συμπίκνωσης και την αποφυγή διαφοροποιήσεων της πυκνότητας κατά την έννοια του πάχους της στρώσης. Η απόδοση των μέσων συμπίκνωσης θα αποδεικνύεται στο δοκιμαστικό τμήμα (βλ. Παρ. 8).

3.1.3. Μηχανήματα δημιουργίας αρμών στο νωπό υλικό

Για τη δημιουργία των αρμών όταν το ανακυκλωμένο οδόστρωμα είναι ακόμα νωπό, χρησιμοποιείται αυτόνομος μηχανικός εξοπλισμός, ο οποίος πραγματοποιεί σε κάθε διέλευση μία τομή με βάθος τουλάχιστον μέχρι τα δύο τρίτα (2/3) του πάχους της ανακυκλωμένης στρώσης και ταυτόχρονα εισάγει σε αυτό ασφαλτικό γαλάκτωμα ταχείας διάσπασης ή άλλο προϊόν κατάλληλο (πλαστικό φύλλο ή κυματοειδές πλαστικό τεμάχιο) για την αποφυγή της επανασυγκόλλησης των παρειών του αρμού.

Μετά από σύμφωνη γνώμη της Υπηρεσίας, μπορεί να γίνει αποδεκτή η χρήση χειροκίνητου μηχανικού εξοπλισμού με ένα εργαλείο "κοπής" που να έχει βάθος τουλάχιστον το ένα τρίτο (1/3) του πάχους της συμπτωκνωμένης στρώσης, σε ειδικές περιπτώσεις π.χ. μικρά έργα.

3.1.4. Μηχανήματα για τη μόρφωση της τελικής επιφάνειας

Σε περίπτωση που πρέπει να γίνει μικρή αναπροσαρμογή της τελικής επιφάνειας της νωπής ανακυκλωμένης στρώσης, θα πραγματοποιείται με ισοπεδωτήρα (grader), του οποίου τα χαρακτηριστικά πρέπει να έχουν γίνει αποδεκτά από τη Υπηρεσία, με αφαίρεση και απομάκρυνση υλικού και ποτέ με προσθήκη υλικού.

3.2. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

3.2.1. Προετοιμασία της υπάρχουσας επιφάνειας

Πριν την έναρξη των εργασιών ανακύκλωσης πραγματοποιείται κατάλληλη προετοιμασία στην προς ανακύκλωση επιφάνεια, η οποία περιλαμβάνει τις ακόλουθες διαδικασίες :

- Καθάρισμα και απομάκρυνση των ξένων στοιχείων από την επιφάνεια του οδοστρώματος, σε ολόκληρο το πλάτος του, συμπεριλαμβανομένων και των λωρίδων που δεν πρόκειται να ανακυκλωθούν.
- Επεξεργασία ή εξάλειψη των πολύ μολυσμένων ζωνών, που δεν πληρούν τις ελάχιστες προδιαγραφές και κατά συνέπεια δεν μπορούν να ανακυκλωθούν.
- Επιπεδοποίηση του καταστρώματος, με την προσθήκη νέων θραυστών αδρανών σε περίπτωση έλλειψης υλικού, ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή διατομή της οδού κατά την κατά μήκος και εγκάρσια διεύθυνση.

3.2.2. Φρεζάρισμα του Οδοστρώματος

Το φρεζάρισμα του παλιού οδοστρώματος θα πραγματοποιηθεί με τη βοήθεια μηχανημάτων και μεθόδων τελικώς αποδεκτών από την Υπηρεσία μετά και την κατασκευή του δοκιμαστικού τμήματος (Παρ. 8). Τόσο η ταχύτητα κίνησης της μηχανής ανακύκλωσης όσο και του περιστρεφόμενου οδοντωτού τυμπάνου που φέρει, πρέπει να είναι σταθερή για κάθε τμήμα του έργου, έτσι ώστε το βάθος φρεζαρίσματος να είναι το ίδιο και το ανακυκλωμένο υλικό ομοιογενές. Οι στάσεις του μηχανήματος ανακύκλωσης πρέπει να αποφεύγονται και αν αυτές είναι αναγκαίες, τότε πρέπει να σταματά άμεσα η παροχή αιωρήματος τσιμέντου και νερού, για να μην δημιουργούνται λόγω υπερδοσολογίας περιοχές με περιεκτικότητα σε νερό ή/και τσιμέντο περισσότερη από την απαιτούμενη.

Κάθε φορά που διαπιστώνεται ότι ξεπερνιούνται τα αποδεκτά όρια των αναμενόμενων αποκλίσεων, που περιγράφονται στον Πίνακα 5-2, θα σταματά η εργασία της ανακύκλωσης, μέχρι να εξαιρεθούν οι λόγοι για τους οποίους παρουσιάζονται οι αποκλίσεις (φθορά των δοντιών εκσκαφής, φράξιμο των εγχυτήρων του αιωρήματος κ.α.).

Σε ειδικές περιπτώσεις που τοπικά είναι αδύνατη η χρήση της μηχανής ανακύκλωσης για το φρεζάρισμα του οδοστρώματος, το παλιό υλικό θα θρυμματίζεται με άλλα μηχανικά μέσα και θα μεταφέρεται σε αποθετήριο χώρο. Στις ζώνες αυτές, θα διαστρώνονται άλλα κατάλληλα υλικά, τα οποία έχουν προαναμιχθεί με τις απαιτούμενες ποσότητες τσιμέντου και νερού, και θα συμπυκνώνονται με απλά μηχανικά μέσα.

3.2.3. Προσθήκη Τσιμέντου, νερού Και χημικών Προσθέτων

Το τσιμέντο, το νερό και τα πρόσθετα θα προστίθενται ομοιόμορφα με μηχανικά μέσα, με σταθμισμένη δοσολογία σύμφωνα με τη μελέτη σύνθεσης. Το τσιμέντο θα προστίθεται σε μορφή αιωρήματος απευθείας στον αναμικτήρα του μηχανήματος ανακύκλωσης.

Πριν την έναρξη της διαδικασίας ανακύκλωσης θα καθαριστούν και θα τεθούν σε λειτουργία οι αντλίες και οι ψεκαστήρες του νερού και του αιωρήματος του τσιμέντου, ώστε να ελεγχθεί η σωστή λειτουργία τους, και να διασφαλιστεί η κατάλληλη δοσολογία σε σχέση με την εξέλιξη των εργασιών με τρόπο συνεχή και ομοιόμορφο. Σε κάθε διακοπή λειτουργίας του μηχανήματος ανακύκλωσης οι ψεκαστήρες θα καθαρίζονται, και κατ' ελάχιστον δύο φορές την ημέρα. Επιπλέον ο εφοδιασμός του μηχανήματος με τσιμέντο πρέπει να γίνεται με τρόπο ώστε να μην επηρεάζεται η κυκλοφορία στις γειτονικές λωρίδες, όταν αυτές είναι υπό κυκλοφορία.

Μετά από σύμφωνη γνώμη της Υπηρεσίας, σε ειδικές περιπτώσεις, το τσιμέντο μπορεί να προστίθεται σε μορφή σκόνης ή όταν αυτό κρίνεται σκόπιμο λόγω υψηλής υγρασίας του προς ανακύκλωση οδοστρώματος.

Στις περιπτώσεις που το τσιμέντο δεν προστίθεται σε μορφή αιωρήματος, θα πρέπει να ρυθμίζονται κατάλληλα οι ταχύτητες του μηχανήματος διανομής του τσιμέντου και του μηχανήματος ανακύκλωσης ώστε το μήκος της λωρίδας του διαστρωνόμενου τσιμέντου μπροστά από το μηχανήμα να μην υπερβαίνει τα εκατό (100) μέτρα. Η διάστρωση του τσιμέντου θα σταματά όταν η ταχύτητα των επικρατούντων ανέμων είναι πολύ μεγάλη, δηλαδή όταν αυτή είναι μεγαλύτερη από δέκα μέτρα ανά δευτερόλεπτο (10 m/s) ή και μικρότερη από 10 m/s αν η διάστρωση του τσιμέντου επηρεάζει κατοικημένες περιοχές, ή περιοχές ιδιαίτερα ευαίσθητες περιβαλλοντικά.

Σε ζώνες που δεν είναι προσβάσιμες σε μηχανικό εξοπλισμό, η Υπηρεσία μπορεί να αποδεχτεί τη διάστρωση του τσιμέντου με τα χέρια. Στην περίπτωση αυτή, θα χρησιμοποιούνται σάκοι τσιμέντου, οι οποίοι θα τοποθετούνται πάνω στο οδόστρωμα σχηματίζοντας ένα τετράγωνο με ίσες περίπου πλευρές, που να αντιστοιχούν στην επιθυμητή δοσολογία του. Από τη στιγμή που θα ανοίξουν οι σάκοι, το περιεχόμενό τους θα διασκορπίζεται και θα κατανέμεται γρήγορα και ομοιόμορφα με τη βοήθεια τσουγκρανών χειροκίνητων ή ρυμουλκούμενων.

Δεν θα πραγματοποιείται διάστρωση του τσιμέντου όταν υπάρχουν λιμνάζοντα νερά στην επιφάνεια του οδοστρώματος.

Κατά τη διάστρωση του τσιμέντου θα λαμβάνονται όλα τα κατάλληλα μέτρα, ώστε να πληρούνται οι κανονισμοί σε σχέση με το περιβάλλον και την ασφάλεια των εργαζομένων.

3.2.4. Ανάμιξη και διάστρωση

Σε περίπτωση προσθήκης του τσιμέντου υπό μορφή σκόνης, η διαδικασία φρεζαρίσματος και ανάμιξης του υλικού της στρώσης που πρόκειται να ανακυκλωθεί πρέπει να αρχίσει άμεσα. Σε περίπτωση προσθήκης του τσιμέντου σε μορφή αιωρήματος, η ανάμιξη γίνεται ταυτόχρονα με την προσθήκη του τσιμέντου.

Θα λαμβάνονται όλα τα κατάλληλα μέτρα ώστε να μην ανακυκλώνεται κανένα τμήμα του οδοστρώματος, όταν αυτό έχει υγρασία μεγαλύτερη από τη βέλτιστη, λαμβάνοντας υπόψη τις ανοχές του Πίνακα 5-2.

Το τσιμέντο πρέπει να είναι ομοιόμορφα διασκορπισμένο στο μίγμα, το οποίο φαίνεται από το ενιαίο χρώμα που έχει το ανακυκλωμένο υλικό και από την απουσία σβόλων τσιμέντου. Όλη η ποσότητα του διαστρωμένου τσιμέντου πρέπει να αναμιγνύεται με το φρεζαρισμένο υλικό πριν από την πάροδο μίας (1) ώρας από την διάστρωσή του.

Το μηχάνημα της ανακύκλωσης πρέπει να διαθέτει τον απαιτούμενο εξοπλισμό ώστε το μίγμα να είναι ομοιογενές σε όλο το πλάτος και το βάθος της επεξεργασίας του. Εάν διαπιστωθεί ότι προκαλείται διαχωρισμός του μίγματος, αν υπάρχουν τμήματα χωρίς ανάμιξη, ή διαφοροποιήσεις στο ποσοστό του τσιμέντου ή του νερού σε τμήματα της ανακυκλωμένης επιφάνειας, πρέπει να σταματήσει η διαδικασία και να γίνουν οι κατάλληλες διορθώσεις.

Σε περίπτωση που το πλάτος του οδοστρώματος είναι μεγαλύτερο από το πλάτος που έχει τη δυνατότητα να επεξεργαστεί η μηχανή ανακύκλωσης, η ανακύκλωση θα γίνεται σε παράλληλες λωρίδες που θα αλληλοεπικαλύπτονται περίπου κατά δεκαπέντε έως τριάντα εκατοστά (15 - 30cm), έτσι ώστε να μην υπάρχουν περιοχές χωρίς ανάμιξη στις άκρες. Θα πρέπει να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα ώστε να αποφευχθεί η υπερδοσολογία τσιμέντου ή νερού στα τμήματα αυτά. Η μηχανή ανακύκλωσης πρέπει να έχει κλειστούς τους διανεμητήρες νερού και τσιμέντου στις ζώνες επικάλυψης. Τα ίδια ισχύουν και στην περίπτωση, που η ανακύκλωση γίνεται με δύο μηχανές ανακύκλωσης που δουλεύουν παράλληλα. Οι δύο μηχανές πρέπει να προχωρούν κατά το δυνατόν με την ίδια ταχύτητα, ή με όσο το δυνατό μικρότερη διαφορά φάσης, έτσι ώστε να μην δημιουργούνται κατά μήκος αρμοί μεταξύ των λωρίδων.

Το υλικό των ερεισμάτων, όταν αυτά δεν συμπεριλαμβάνονται στη διαδικασία της ανακύκλωσης, πρέπει να απομακρύνεται ώστε να μην αναμιγνύεται με το υλικό των προς ανακύκλωση στρώσεων.

Σε ειδικές περιπτώσεις όπου κριθεί αδύνατη τοπικά η χρησιμοποίηση των εγκεκριμένων μηχανημάτων διάστρωσης, το μίγμα μπορεί να διαστρώνεται με άλλα απλούστερα μηχανικά μέσα, έτσι ώστε το τελικό προϊόν που θα παραχθεί να έχει παρόμοια χαρακτηριστικά με αυτά του υπόλοιπου οδοστρώματος.

3.2.5. Προσθήκη επιπλέον θραυστού υλικού

Όταν κριθεί αναγκαία η χρησιμοποίηση προστιθέμενων θραυστών αδρανών στο προς ανακύκλωση υλικό, τότε αυτά πρέπει να ενσωματώνονται στο μίγμα με μία από τις παρακάτω μεθόδους :

- Μέσω της διάστρωσής του σε μία ομοιόμορφη στρώση, πάνω στην υπάρχουσα επιφάνεια πριν από το φρεζάρισμα

- Μέσω της προσθήκης του στο προς ανακύκλωση υλικό μετά το φρεζάρισμα του δρόμου. Για να πραγματοποιηθεί αυτό απαιτείται μια επιπλέον μηχανή, ανεξάρτητη από το μηχάνημα ανακύκλωσης, που θα αναμιγνύει το ήδη φρεζαρισμένο υλικό με τα προστιθέμενα θραυστά υλικά.

Η μέθοδος που θα επιλεγεί θα πρέπει να έχει γίνει αποδεκτή από την Υπηρεσία, μετά από εφαρμογή στο δοκιμαστικό τμήμα.

3.2.6. Προρηγμάτωση

Πριν από την έναρξη της συμπύκνωσης της ανακυκλωμένης στρώσης ή σπανιότερα μετά την πραγματοποίηση μέρους της απαιτούμενης συμπύκνωσης θα δημιουργούνται εγκάρσιοι αρμοί στο νωπό υλικό. Ο εξοπλισμός και η μέθοδος εκτέλεσης θα έχουν γίνει αποδεκτά από την Υπηρεσία κατά την κατασκευή του δοκιμαστικού τμήματος.

Η απόσταση μεταξύ των αρμών στο νωπό υλικό καθορίζεται από τη μελέτη, ανάλογα με την κατηγορία της κυκλοφορίας, τις κλιματολογικές συνθήκες και το πάχος της ασφαλτικής στρώσης που θα τοποθετηθεί επάνω στην ανακυκλωμένη στρώση. Γενικά, οι αποστάσεις για τη δημιουργία των αρμών κυμαίνονται μεταξύ τριών (3 m) και τεσσάρων μέτρων (4 m).

Ο εξοπλισμός για τη δημιουργία των αρμών θα πραγματοποιεί σε κάθε διέλευση μία τομή με βάθος τουλάχιστον μέχρι τα δύο τρίτα (2/3) του πάχους της ανακυκλωμένης στρώσης και ταυτόχρονα θα εισάγει σε αυτό προϊόν κατάλληλο, βλ. Παράγραφο 6.3, για την αποφυγή της επανασυγκόλλησης των παρειών του αρμού.

Όπου είναι αδύνατη η πρόσβαση του εγκεκριμένου εξοπλισμού για τη δημιουργία αρμών ή σε ειδικές περιπτώσεις, π.χ. μικρά έργα, η Υπηρεσία μπορεί να επιτρέψει τη χρήση χειροκίνητου μηχανικού εξοπλισμού με ένα εργαλείο "κοπής" που να έχει βάθος τουλάχιστον το ένα τρίτο (1/3) του πάχους της συμπυκνωμένης στρώσης.

3.2.7. Συμπύκνωση

Η συμπύκνωση θα πραγματοποιείται αμέσως μετά την ανάμιξη και τη δημιουργία των εγκάρσιων αρμών στο νωπό υλικό, έτσι ώστε να αποφευχθούν απώλειες υγρασίας και η εργασία (συμπύκνωσης) να ολοκληρωθεί στην χρονική περίοδο εργασιμότητας του υλικού (βλ. Παρ. 5.2).

Το μίγμα δεν πρέπει να παραμείνει ασυμπύκνωτο για περισσότερο από 1/2 ώρα.

Η συμπύκνωση του υλικού θα πραγματοποιείται κατά μήκος του ανακυκλωμένου τμήματος, με συνεχή και συστηματικό τρόπο, μέχρι να επιτευχθεί η καθορισμένη πυκνότητα, βλ. Παράγραφο 9.2. Αν η διάστρωση πραγματοποιείται σε συνεχόμενες λωρίδες, κατά τη συμπύκνωση η ζώνη συμπύκνωσης θα εκτείνεται έτσι ώστε να συμπεριλαμβάνει δεκαπέντε εκατοστά (15 cm) από την προηγούμενη ζώνη. Αν η διάστρωση πραγματοποιείται με δύο μηχανές ανακύκλωσης που κινούνται παράλληλα με μικρή διαφορά φάσης, η συμπύκνωση θα γίνεται ταυτόχρονα και στις δύο λωρίδες.

Ο οδοστρωτήρας θα πρέπει να ακολουθεί τη μηχανή φρεζαρίσματος. Αλλαγές κατεύθυνσης του οδοστρωτήρα επιτρέπεται να γίνονται μόνον σε ήδη συμπυκνωμένο μίγμα και με ομαλό τρόπο. Οι κύλινδροι του οδοστρωτήρα πρέπει να είναι πάντα καθαροί και, αν είναι απαραίτητο, να διαβρέχονται.

Η συμπύκνωση θα αρχίσει κατά μήκος από το χαμηλότερο άκρο της προς συμπύκνωση λωρίδας και θα συνεχίζεται προς το υψηλότερο, υπερκαλύπτοντας τα ακραία τμήματα των ζωνών εργασίας με τις διαδοχικές διελεύσεις του οδοστρωτήρα. Κατά τη συμπύκνωση πρέπει να διατίθεται εξοπλισμός ψεκασμού, που να παρέχει νερό υπό μορφήν νέφους στην επιφάνεια της ανακυκλωμένης στρώσης, ώστε να αποφευχθεί στέγνωμα της επιφάνειας.

Σε μια οποιαδήποτε εγκάρσια διατομή, η συμπύκνωση μιας λωρίδας πρέπει να έχει ολοκληρωθεί πριν να έχει περάσει η χρονική περίοδος εργασιμότητας της προηγούμενης γειτονικής, ήδη ανακυκλωμένης λωρίδας.

Σε σημεία που είναι απρόσιτα από τα μηχανήματα συμπύκνωσης θα χρησιμοποιούνται δονητικές πλάκες ή δονητικοί κύλινδροι, με κατάλληλα χαρακτηριστικά, ώστε η συμπύκνωση που επιτυγχάνεται να είναι αντίστοιχη με αυτήν των εγκεκριμένων μηχανημάτων συμπύκνωσης.

3.2.8. Δημιουργία αρμών εργασίας

A. Διαμήκεις αρμοί

Κατά τη συμπύκνωση δύο λωρίδων που βρίσκονται σε επαφή δεν δημιουργείται κατά μήκος αρμός στην επιφάνεια επαφής, εφόσον η συμπύκνωση ολοκληρωθεί πριν περάσει η περίοδος εργασιμότητας της λωρίδας που διαστρώθηκε πρώτα. Σε αντίθετη περίπτωση πρέπει να δημιουργείται ένας διαμήκης αρμός.

Λαμβάνοντας υπόψη το πλάτος του τμήματος που ανακυκλώνεται, τη διατήρηση της κυκλοφορίας και τα χαρακτηριστικά του μηχανικού εξοπλισμού που χρησιμοποιείται προσδιορίζεται το πλάτος των λωρίδων διάστρωσης του υλικού με τέτοιο τρόπο ώστε :

- Να απαιτείται η δημιουργία όσο το δυνατόν λιγότερων αρμών
- Να επιτυγχάνεται η καλύτερη δυνατή συνέχεια στη διάστρωση
- Να μην δημιουργούνται αρμοί σε θέσεις με μεγάλη συχνότητα διέλευσης τροχών φορτηγών αυτοκινήτων

Μεταξύ των διαδοχικών διελεύσεων της μηχανής ανακύκλωσης πρέπει να γίνεται υπερκάλυψη, ώστε να αποφεύγεται η ύπαρξη ζωνών που δεν είναι επαρκώς επεξεργασμένες. Η ζώνη υπερκάλυψης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 15 και 30 cm. Η μηχανή ανακύκλωσης πρέπει να έχει κλειστούς τους διανεμητήρες του τσιμέντου και του νερού στη ζώνη υπερκάλυψης, ώστε να αποφευχθεί η παραγωγή ανακυκλωμένου μίγματος με αναλογίες διαφορετικές από τις προκαθορισμένες.

B. Εγκάρσιοι αρμοί

Όταν η διαδικασία του έργου διακόπτεται για περισσότερο χρόνο από το χρόνο εργασιμότητας του επεξεργασμένου μίγματος θα δημιουργούνται εγκάρσιοι αρμοί εργασίας.

Οι εγκάρσιοι αρμοί εργασίας δημιουργούνται φρεζάροντας το ήδη ανακυκλωμένο υλικό σε μήκος όχι μικρότερο από μία διάμετρο του τύμπανου της μηχανής ανακύκλωσης, στο προκαθορισμένο βάθος, χωρίς να κινείται το μηχάνημα.

3.2.9. Τελική μόρφωση της επιφάνειας

Από τη στιγμή που έχει ολοκληρωθεί η συμπύκνωση μιας λωρίδας, δεν επιτρέπεται καμία επιπλέον προσθήκη υλικού για την αύξηση του πάχους της λωρίδας, γιατί δεν επιτυγχάνεται συγκόλληση του προστιθέμενου υλικού με το υπάρχον, με καταστροφικές συνέπειες στη συμπεριφορά του οδοστρώματος. Σημειώνεται ότι σε περίπτωση που το πάχος της συμπυκνωμένης στρώσης είναι μικρότερο του συμβατικού, λαμβάνοντας υπόψη τις ανοχές της Παραγράφου 10.4, θα αποξηλώνεται η στρώση (δεδομένου ότι δεν επιτρέπεται προσθήκη υλικού).

Τα τελικά υψόμετρα της επιφάνειας, αν απαιτείται διόρθωση, θα μορφώνονται με ισοπεδωτήρα (grader) χωρίς προσθήκη αλλά μόνο με αφαίρεση υλικού, μέσα στην χρονική περίοδο εργασιμότητας του μίγματος.

Στη συνέχεια της αφαίρεσης του υλικού θα ακολουθεί ύγρανση της επιφάνειας του οδοστρώματος και επανασυμπύκνωση. Τα υλικά που θα προέλθουν από την τελική μόρφωση της επιφάνειας

πρέπει να απομακρύνονται. Η τελική συμπίκνωση πραγματοποιείται με οδοστρωτήρες χωρίς δόνηση, με λείους τροχούς.

Η μόρφωση της τελικής επιφάνειας θα ελέγχεται στην κατασκευή του δοκιμαστικού τμήματος.

Το πλεόνασμα του υλικού που βρίσκεται στα πλευρικά άκρα του οδοστρώματος και δεν έχει συμπτυκνωθεί επαρκώς, απομακρύνεται, εκτός και αν αυτό αποτελεί τμήμα του ερείσματος του οδοστρώματος το οποίο και θα υποστεί επεξεργασία στη συνέχεια, σύμφωνα με τα αντίστοιχα κεφάλαια του τεύχους αυτού.

3.2.10. Συντήρηση και προστασία της επιφάνειας

Από τη στιγμή που έχει ολοκληρωθεί η διαδικασία της συμπίκνωσης και της τελικής μόρφωσης (συμπεριλαμβανομένης και της τυχόν επανασυμπύκνωσης) και σε κάθε περίπτωση, πριν από την πάροδο δύο ωρών, επακολουθεί η επάλειψη της τελικά μορφωμένης επιφάνειας με ένα υγρό υλικό συντήρησης. Εκτός αν άλλως προβλέπεται από τους όρους δημοπράτησης, ως υλικό συντήρησης θα χρησιμοποιείται ασφαλτικό γαλάκτωμα ανιονικό ή κατιονικό ταχείας διάσπασης (ΠΤΠ Α 202 ή Α 203 αντίστοιχα) με υπόλειμμα σε ασφαλτο τουλάχιστον 55 % το οποίο ψεκάζεται στην επιφάνεια σε αναλογία τέτοια ώστε η ποσότητα της ασφάλτου να είναι 400 g/m^2 επιφάνειας. Ακολουθεί διασκορπισμός αδρανών υλικών 0/5 mm σε ποσότητα τουλάχιστον 10 Kg/m^2 . Τα αδρανή υλικά πρέπει να έχουν διερχόμενο ποσοστό από το κόσκινο 0.063 mm που δεν θα είναι μεγαλύτερο από 15% κ.μ. Αν η στρώση πρόκειται να εξυπηρετήσει σημαντική κατασκευαστική κυκλοφορία τότε η επάλειψη αυτή ενισχύεται με μία ακόμη επάλειψη. Η διαδικασία εκτέλεσης των επαλειψεων αυτών ακολουθεί τα προβλεπόμενα από την ΠΤΠ Α 226.

Αν το τμήμα που κατασκευάστηκε δεν θα κυκλοφορηθεί μέχρι την κατασκευή μίας τουλάχιστον από τις προβλεπόμενες ασφαλτικές στρώσεις, τότε η διάστρωση αδρανών υλικών στην επιφάνεια της περατωθείσας ανακυκλωμένης στρώσης μπορεί να παραληφθεί.

Γενικά, όταν υπάρχει κίνδυνος ότι θα προκληθούν αυλακώσεις ή άλλου τύπου φθορές στην επιφάνεια δεν επιτρέπεται η κυκλοφορία. Ελαφρά οχήματα επιτρέπεται να κυκλοφορήσουν μετά από την παρέλευση 3 ημερών και βαριά κυκλοφορία επιτρέπεται μετά από την παρέλευση 7 ημερών. Σημειώνεται ότι στις περιπτώσεις αυτές απαιτείται η διάστρωση αδρανών υλικών επάνω από το υλικό συντήρησης στην επιφάνεια της ανακυκλωμένης στρώσης.

Άμεση παράδοση της ανακυκλωμένης στρώσης στη κυκλοφορία μπορεί να επιτραπεί αν στη μελέτη σύνθεσης έχει αποδειχθεί ότι η τιμή CBR (χωρίς βάρη επιφόρτισης) του νωπού μίγματος είναι μεγαλύτερη από 70 % (βλ. Παρ. 5.2.1), και έχει προηγηθεί η κατασκευή της διπλής ασφαλτικής επάλειψης που αναφέρθηκε παραπάνω. Επίσης άμεση παράδοση στην κυκλοφορία μπορεί να επιτραπεί αν διαστρωθεί ασφαλτική στρώση πάχους τουλάχιστον 40 mm.

3.3. ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ

Πριν από την έναρξη των εργασιών ανακύκλωσης, είναι υποχρεωτική η κατασκευή ενός δοκιμαστικού τμήματος, με τον ίδιο μηχανικό εξοπλισμό, το ίδιο προσωπικό, την ίδια σύνθεση υλικών και το ίδιο πάχος της ανακυκλωμένης στρώσης όπως κατά την εκτέλεση του κυρίως έργου. Με το δοκιμαστικό τμήμα θα ελέγχεται κυρίως η δυνατότητα του μηχανικού εξοπλισμού και ειδικότερα η απόδοση του μηχανήματος ανακύκλωσης, των μέσων συμπίκνωσης, καθώς και η ακολουθούμενη μεθοδολογία στην κατασκευή της ανακυκλωμένης στρώσης. Θα ελέγχεται επίσης η ομοιομορφία της ανακύκλωσης, η επίτευξη των απαιτήσεων ως προς την υγρασία, το πάχος της στρώσης, η ομοιομορφία πυκνότητας κατά την έννοια του πάχους, η κοκκομετρία, η περιεκτικότητα σε τσιμέντο, ο βαθμός συμπίκνωσης, το CBR σε περίπτωση που η ανακυκλωμένη στρώση δοθεί στην κυκλοφορία αμέσως μετά την κατασκευή της, η προδιαγραφόμενη αντοχή καθώς και η απαιτούμενη ομαλότητα της τελικής επιφάνειας.

Η Υπηρεσία σε συνεργασία με τον Ανάδοχο θα επιλέξει τη θέση του δοκιμαστικού τμήματος, το μήκος του οποίου δεν θα είναι μικρότερο των διακοσίων μέτρων (200 m) για δρόμους βαριάς κυκλοφορίας και σε καμία περίπτωση δε θα είναι μικρότερο των εκατό μέτρων (100 m). Η Υπηρεσία επίσης θα αποφασίσει αν το δοκιμαστικό τμήμα μπορεί να ενσωματωθεί στο υπό κατασκευή συμβατικό έργο, σε περίπτωση που οι έλεγχοι αποδείξουν ότι το τμήμα ικανοποιεί όλα τα κριτήρια αποδοχής.

3.4. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΣΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΟΥ ΈΡΓΟΥ

Απαγορεύεται η εκτέλεση εργασιών επιτόπου ανακύκλωσης με τσιμέντο όταν :

Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, υπό σκιά, είναι μεγαλύτερη από τριανταπέντε βαθμούς Κελσίου 35 °C.

- Όταν η θερμοκρασία είναι μικρότερη από πέντε βαθμούς Κελσίου (5 °C).
- Σε περίπτωση έντονων καιρικών φαινομένων οι εργασίες ανακύκλωσης πρέπει να σταματούν.

Στις περιπτώσεις εργασιών ανακύκλωσης που η Υπηρεσία επιτρέπει τη διανομή του τσιμέντου εν ξηρώ, πρέπει να τηρούνται οι περιορισμοί που αναφέρονται στην Παράγραφο 7.3.

4. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΠΕΡΑΙΩΜΕΝΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

4.1. ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

Κατά την διάρκεια της κατασκευής θα γίνουν τουλάχιστον :

- 15 έλεγχοι πάχους συμπτκνωμένης στρώσεως που θα συσχετισθεί με ισάριθμες μετρήσεις ασυμπύκνωτου πάχους για να προσδιορισθεί ο λόγος των δύο παχών. Ο λόγος αυτός θα χρησιμοποιείται κατά την διάρκεια της κατασκευής για τον ταχύ έλεγχο του τελικού πάχους (επίπλησμα).
- 15 έλεγχοι περιεχόμενης υγρασίας μίγματος. Πέντε τουλάχιστον δείγματα θα ληφθούν σε μία εγκάρσια διεύθυνση, από διαφορετικά κατά πλάτος σημεία, για να εξακριβωθεί η ομοιομορφία διαβροχής του μηχανήματος κατά πλάτος.
- 10 προσδιορισμοί κοκκομετρίας μίγματος.

4.2. ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΕΝΗΣ ΣΤΡΩΣΗΣ

Στο συμπτκνωμένο δοκιμαστικό τμήμα θα εκτελεστούν :

- Τουλάχιστον 10 έλεγχοι συμπίκνωσης σύμφωνα με την Προδιαγραφή E 106-86/2 (ΥΠΕΧΩΔΕ) και ταυτόχρονα ισάριθμοι έλεγχοι πάχους ανακυκλωμένης στρώσης
- Έλεγχος ομαλότητας συμπτκνωμένης στρώσης (βλ Παρ. 9.5, 10.5)
- Έλεγχος ποσότητας και διαδικασίας διάστρωσης γαλακτώματος και των αδρανών υλικών
- Έλεγχος επιτυγχανόμενης αντοχής. Ο έλεγχος αυτός θα γίνει με τουλάχιστον 18 δοκίμια τα οποία παρασκευάζονται και δοκιμάζονται όπως προβλέπεται στις Παραγράφους 9.3 και 10.3.
- Έλεγχος πάχους και ομοιομορφίας στρώσης με αποκοπή πυρήνων. Ο έλεγχος αυτός γίνεται με αποκοπή 10 τουλάχιστον πυρήνων (σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ - EN 12504.01) από τυχαία σημεία, που απέχουν μεταξύ τους κατ' ελάχιστο επτά μέτρα (7 m) κατά μήκος και είναι

απομακρυσμένα τουλάχιστον πενήντα εκατοστά (50 cm) από οποιαδήποτε ρωγμή συστολής, εγκάρσιο αρμό ή άκρο για να εξακριβωθεί :

- Το πάχος της στρώσεως
- Η ομοιομορφία συμπακνώσεως κατά την έννοια του πάχους της στρώσεως. Θα γίνονται 3 προσδιορισμοί πυκνότητας σε τρία ισούψη περίπου τμήματα του πυρήνα : ανώτερο, μεσαίο και κατώτερο. Η διαφορά των τριών μετρήσεων μεταξύ τους δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 3 εκατοστιαίες μονάδες
- Η ελάχιστη ηλικία κατά την οποία είναι δυνατή η αποκοπή πυρήνων

Στο δοκιμαστικό τμήμα επίσης :

- Καθορίζεται ο αριθμός των απαιτούμενων διελεύσεων των οδοστρωτήρων για την επίτευξη της απαιτούμενης πυκνότητας
- Βαθμονομούνται τα όργανα ελέγχου πυκνότητας με πυρηνικές μεθόδους εφόσον πρόκειται να χρησιμοποιηθούν, σύμφωνα με τα Πρότυπα ASTM D 2922 και ASTM D 3017, και βρίσκεται ο συντελεστής διόρθωσης των μετρήσεων λόγω της παρουσίας ασφάλτου στο μίγμα
- Ελέγχονται και βαθμονομούνται τα όργανα δοσομέτρησης του μηχανήματος ανακύκλωσης ή των μηχανημάτων διάστρωσης τσιμέντου
- Ελέγχεται ο τρόπος δημιουργίας των αρμών
- Για την περίπτωση άμεσης απόδοσης της ανακυκλωμένης στρώσης στην κυκλοφορία πραγματοποιούνται 3 δοκιμές CBR (βλ. Παρ. 5.2.1)

Με βάση τα αποτελέσματα των ελέγχων σε σχέση με την τήρηση των απαιτήσεων της Παραγράφου 9, η Υπηρεσία θα καθορίσει αν είναι αποδεκτός ο μηχανικός εξοπλισμός, την ακολουθούμενη μέθοδο κατασκευής καθώς και τις απαιτούμενες ενδεχομένως τροποποιήσεις ή βελτιώσεις.

4.3. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΕΛΕΙΩΜΕΝΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η εξακρίβωση ότι η κατασκευή ικανοποιεί τις απαιτήσεις της Προδιαγραφής αυτής στηρίζεται στον έλεγχο :

- Του μίγματος του ανακυκλωμένου υλικού με δείγματα που λαμβάνονται πίσω από το μηχάνημα ανακύκλωσης (για τον προσδιορισμό της αντοχής, της υγρασίας, και της κοκκομετρίας) και
- Της τελειωμένης στρώσης για τον προσδιορισμό της πυκνότητας και της ομαλότητας της επιφάνειας.

4.3.1. Κοκκομετρία

Η κοκκομετρία, προσδιοριζόμενη σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ - EN 933.01, πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις της Παραγράφου 4.1. και των Πινάκων 5-1 και 5-2.

4.3.2. Πυκνότητα

Η μέση τιμή της πυκνότητας, όπως αυτή προσδιορίζεται με την Προδιαγραφή E 106-86/2 (ΥΠΕΧΩΔΕ) και υπολογίζεται από 5 δοκιμές, πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 97 % και καμία μεμονωμένη τιμή στην πεντάδα δεν πρέπει να είναι μικρότερη από το 95 % της μέγιστης εργαστηριακής πυκνότητας (ΕΛΟΤ - EN 13286.02 ή 13286.04). Ο έλεγχος συμπίκνωσης γίνεται πριν περάσουν 12 ώρες από το πέρας των εργασιών ανακύκλωσης.

Αν χρησιμοποιούνται πυρηνικές μέθοδοι (ASTM D 2922 και ASTM D 3017), το κριτήριο συμμόρφωσης παραμένει το ίδιο, αλλά ο ρυθμός δειγματοληψίας και ελέγχων τουλάχιστον διπλασιάζεται. Η βαθμονόμηση του οργάνου έχει πραγματοποιηθεί στο δοκιμαστικό τμήμα.

4.3.3. Αντοχή σε θλίψη

Η μέση αντοχή σε θλίψη ηλικίας επτά ημερών, συντηρημένων όπως περιγράφεται στο Παράρτημα Α, προσδιοριζόμενη από 6 δοκίμια σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ - EN 13286.41, δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 7 MPa, και καμία μεμονωμένη τιμή στην βάδα δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 4.5 MPa.

4.3.4. Τελική μόνωση, γεωμετρικοί περιορισμοί

Η τελική επιφάνεια της ανακυκλωμένης στρώσης πρέπει να είναι ομοιόμορφη, χωρίς απομίξεις, διαχωριστικές ρωγμές ή κυματώσεις και σύμφωνη με τις επικλίσεις της μελέτης.

Το επίπεδο της τελικής επιφάνειας δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα θεωρητικά όρια σε κανένα σημείο, ούτε να διαφέρει από αυτά περισσότερο από δεκαπέντε χιλιοστά (15 mm). Τα όρια αυτά μπορούν να τροποποιηθούν στους όρους δημοπράτησης.

Ο έλεγχος των υψομετρικών αποκλίσεων γίνεται με βάση χωροσταθμικές μετρήσεις σε κάρναβο 20m x 2 m κατά τη διαμήκη και εγκάρσια διεύθυνση αντίστοιχα, ή όπως άλλως καθορίζεται στους όρους δημοπράτησης.

Το πλάτος του ανακυκλωμένου οδοστρώματος δεν θα πρέπει να διαφέρει από το θεωρητικό πλάτος που αναφέρεται στη μελέτη, περισσότερο από δέκα εκατοστά (± 10 cm).

4.3.5. Επιφανειακή ομαλότητα

Μετά την ολοκλήρωση της ανακυκλωμένης στρώσης ελέγχεται η ομαλότητα της επιφάνειάς της, σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ - EN 13036.07, με τρίμετρο ευθύγραμμο κανόνα παράλληλα και κάθετα προς τον άξονα της οδού. Οι αποκλίσεις της επιφάνειας της στρώσης από την κάτω επιφάνεια του κανόνα δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερες από 20 mm.

4.4. ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

Ο έλεγχος ποιότητας διενεργείται στο "ελεγχόμενο τμήμα" το οποίο ορίζεται ως το τμήμα εκείνο το οποίο καλύπτει το πιο περιοριστικό από τα ακόλουθα κριτήρια :

- Μήκος όχι μεγαλύτερο από 500m
- Επιφάνεια που δεν υπερβαίνει τα 3500m²
- Μήκος που δεν υπερβαίνει το κατασκευαζόμενο σε μία ημέρα εργασίας.

Αν το μήκος ή η επιφάνεια του κατασκευασθέντος σε μία ημέρα τμήματος είναι μεγαλύτερο από τα παραπάνω όρια, το τμήμα χωρίζεται σε δύο περίπου ίσου μήκους τμήματα και κάθε ένα από αυτά αποτελεί ξεχωριστό "ελεγχόμενο τμήμα".

4.4.1. Τσιμέντο και νερό

α. Έλεγχος ποιότητας τσιμέντου

Κάθε παραλαβή τσιμέντου πρέπει να συνοδεύεται με πιστοποιητικό του προμηθευτή ότι το τσιμέντο είναι σύμφωνο με τις απαιτήσεις του Προτύπου ΕΛΟΤ - EN 197.

β. Έλεγχος δοσολογίας

Σε περίπτωση που το τσιμέντο διανέμεται υπό μορφή υδαρούς αιωρήματος ελέγχεται δύο φορές καθημερινά (πρωί και απόγευμα) η ορθή λειτουργία και ρύθμιση του συστήματος

διανομής του μηχανήματος (ακροφύσια). Επίσης γίνεται έλεγχος κατανάλωσης του τσιμέντου και του νερού από τα καθημερινά στοιχεία του επεξεργαστή του μηχανήματος διανομής.

Το τσιμέντο πρέπει να διανέμεται σε ποσότητα τέτοια, οι οποία δεν πρέπει να διαφέρει από την ποσότητα που καθορίζεται στη μελέτη σύνθεσης περισσότερο από ± 0.3 % της συνολικής μάζας του προς ανακύκλωση ξηρού υλικού, ενώ το νερό δεν πρέπει να διαφέρει περισσότερο από $-1.5 / +0.5$ % της βέλτιστης υγρασίας κατά μάζα.

Σε περίπτωση διανομής του τσιμέντου υπό μορφή σκόνης πάνω στην προς ανακύκλωση επιφάνεια, ο έλεγχος της διαστρωνόμενης ποσότητας γίνεται με τοποθέτηση ενός υποδοχέα (από λαμαρίνα, караβόπανο ή άλλο κατάλληλο υλικό γνωστής επιφάνειας και βάρους) διαστάσεων τουλάχιστον 0.5 m x 0.5 m, σε διαφορετικά σημεία της τροχιάς διέλευσης του μηχανήματος διανομής, και ζύγισης του υποδοχέα μετά τη διανομή του τσιμέντου. Ο έλεγχος αυτός γίνεται στην έναρξη της κατασκευής σε διαδοχικές αποστάσεις κατά πλάτος έτσι ώστε να καλύψουν όλο το πλάτος διάστρωσης.

Εφόσον τα αποτελέσματα των ελέγχων αυτών δώσουν διαφορές από τη συμβατική ποσότητα μικρότερες από αυτές που αναφέρθηκαν παραπάνω, η μέθοδος διανομής θεωρείται ότι ικανοποιεί τις απαιτήσεις της Προδιαγραφής αυτής και οι έλεγχοι μπορούν να μειωθούν σε δύο ανά ημέρα σε τυχαία σημεία.

4.4.2. Προστιθέμενα αδρανή υλικά

Εφόσον χρησιμοποιηθούν προστιθέμενα αδρανή υλικά, πρέπει να γίνονται έλεγχοι ότι αυτά ικανοποιούν την κοκκομετρική διαβάθμιση που προβλέπεται από τη μελέτη σύνθεσης και τα άλλα μηχανικά χαρακτηριστικά (Παρ. 4.1, 4.2 και 5) . Συγκεκριμένα θα πραγματοποιούνται με τις αναγραφόμενες συχνότητες οι παρακάτω έλεγχοι, και οπωσδήποτε όταν αλλάζει η πηγή των αδρανών :

- Κοκκομετρική διαβάθμιση (ΕΛΟΤ - EN 933.01) : Ένας έλεγχος ημερησίως
- Ισοδύναμο Άμμου (ΕΛΟΤ - EN 933.08) : Ένας έλεγχος ανά εβδομάδα
- Όριο Υδαρότητας και Δείκτης Πλαστικότητας (E 105-86/5 και E 105-86/6 αντίστοιχα, Προδιαγραφές ΥΠΕΧΩΔΕ) : Ένας έλεγχος ανά εβδομάδα
- Περιεκτικότητα σε οργανικές ουσίες και σε θειικά : Στην έναρξη της κατασκευής ή όταν υπάρχουν ενδείξεις ότι υπάρχει πρόβλημα
- Αντοχή σε φθορά και κρούση - Los Angeles (ΕΛΟΤ - EN 1097.02) : Στην έναρξη της κατασκευής ή όταν υπάρχουν ενδείξεις ότι υπάρχει πρόβλημα

4.4.3. Έλεγχος Ανακυκλωμένου υλικού

Στην ανακυκλωμένη στρώση θα διενεργούνται οι ακόλουθοι έλεγχοι :

α. Έλεγχος κοκκομετρικής διαβάθμισης ανακυκλωμένου υλικού

Δύο φορές την ημέρα (πρωί, απόγευμα) ή από κάθε "ελεγχόμενο τμήμα" θα λαμβάνεται δείγμα από το ανακυκλωμένο υλικό πίσω από το μηχάνημα ανακύκλωσης από όλο το πάχος της στρώσης για τον προσδιορισμό :

- της διαβάθμισης του μίγματος (ΕΛΟΤ - EN 933.01).
- της περιεχόμενης υγρασίας.
- του πάχους της συμπυκνωμένης στρώσης λαμβάνοντας υπόψη τον συντελεστή επιπλήσματος που προσδιορίστηκε στο δοκιμαστικό τμήμα.

β. Έλεγχος αντοχής

Τουλάχιστον δύο φορές την ημέρα (πρωί, απόγευμα) ή σε κάθε "ελεγχόμενο τμήμα" θα λαμβάνονται δείγματα πίσω από το μηχάνημα ανακύκλωσης για την παρασκευή (ΕΛΟΤ - EN 13286.04) έξι δοκιμών (6 το πρωί και 6 το απόγευμα). Αν οι εργασίες ανακύκλωσης γίνονται με 2 μηχανήματα ανακύκλωσης τότε τα παραπάνω αναφερόμενα αφορούν κάθε ένα μηχάνημα, επομένως ο συνολικός αριθμός των δοκιμών θα είναι διπλάσιος.

Τα δοκίμια που παρασκευάζονται από το ανακυκλωμένο μίγμα, αμέσως μετά από τη διέλευση του μηχανήματος ανακύκλωσης, παραμένουν στο έργο για ένα εικοσιτετράωρο σκεπασμένα με πλαστικά φύλλα και υγρές λινάτσες, ώστε να αποτραπεί η εξάτμιση νερού από την επιφάνειά τους και μεταφέρονται την επόμενη μέρα στο εργαστήριο, όπου και ξεκαλουπώνονται. Στη συνέχεια, τοποθετούνται μέσα σε πλαστικές σακούλες στο θάλαμο συντηρήσεως, σε θερμοκρασία 20 ± 2 °C, όπου και συντηρούνται μέχρι τη δοκιμή τους σε θλίψη σε επτά ημέρες.

Τα δοκίμια θα δοκιμάζονται σε θλίψη (ΕΛΟΤ - EN 13286.41) σε 7 ημέρες. Ο αριθμός των εξάδων μπορεί να αυξηθεί, αν αυτό προβλέπεται από τους όρους δημοπράτησης. Θα πρέπει να ικανοποιούνται τα κριτήρια συμμόρφωσης της Παραγράφου 9.3.

Με τη λήψη του δείγματος θα ελέγχεται επίσης και το πάχος της στρώσης λαμβάνοντας υπόψη τον συντελεστή επιπλήσματος. Η Υπηρεσία μπορεί να απαιτήσει την αύξηση των ελέγχων του πάχους της ανακυκλωμένης στρώσης με την μέθοδο του συντελεστή επιπλήσματος, αν στους παραπάνω ελέγχους παρουσιαστεί μεγάλη ανομοιομορφία πάχους.

γ. Έλεγχος μηχανημάτων συμπίκνωσης

Ελέγχονται :

- Ο αριθμός και ο τύπος των οδοστρωτήρων
- Το βάρος του έρματος και στην περίπτωση των ελαστικοφόρων οδοστρωτήρων η πίεση των ελαστικών των τροχών
- Η συχνότητα και το εύρος δόνησης των δονητικών οδοστρωτήρων
- Ο αριθμός των διελεύσεων κάθε μηχανήματος συμπίκνωσης
- Έλεγχος για να διαπιστωθεί αν η συμπυκνωθείσα επιφάνεια διατηρείται υγρή, έως ότου πραγματοποιηθεί η επάλειψη συντήρησης κατά της ξήρανσης με ασφαλτικό γαλάκτωμα
- Έλεγχος δΟΣΟΛΟΓΙΑΣ ασφαλτικού γαλακτώματος και της ποσότητας του αδρανούς υλικού που διαστρώνεται με μεθοδολογία παρόμοια εκείνης που ισχύει για το διασκορπιζόμενο τσιμέντο στην επιφάνεια της προς ανακύκλωση στρώσης

4.5. ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΕΛΕΙΩΜΕΝΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ

Σε κάθε ελεγχόμενο τμήμα θα διενεργούνται οι ακόλουθοι έλεγχοι :

4.5.1. Έλεγχος πυκνότητας επιτόπου (σε ωπό μίγμα)

Μετά το πέρας της συμπίκνωσης και πριν παρέλθουν 12 ώρες από την ολοκλήρωσή της θα διενεργείται έλεγχος του βαθμού συμπυκνώσεως σύμφωνα με την Προδιαγραφή Ε 106-86/2 (ΥΠΕΧΩΔΕ) λαμβάνοντας 5 τυχαία δείγματα από κάθε ελεγχόμενο τμήμα. Θα πρέπει να ικανοποιείται το κριτήριο συμμόρφωσης της Παραγράφου 9.2.

Ο προσδιορισμός της πυκνότητας επιτόπου μπορεί να γίνεται με συσκευή ραδιενεργών ισοτόπων υπό την προϋπόθεση ότι η συσκευή έχει κατάλληλα βαθμονομηθεί κατά την κατασκευή του δοκιμαστικού τμήματος και η βαθμονόμηση έχει γίνει αποδεκτή από την Υπηρεσία. Στην

περίπτωση αυτή, ο αριθμός των ελέγχων ανά "ελεγχόμενο τμήμα" πρέπει να είναι τουλάχιστον διπλάσιος και οι έλεγχοι να έχουν γίνει εντός δύο ωρών από την περάτωση της τελικής συμπύκνωσης.

4.5.2. Έλεγχος συμπτκνωμένου πάχους ανακυκλωμένης στρώσης, (βλ. και Παράγραφο 7.9)

Κατά τον έλεγχο της πυκνότητας διενεργείται και έλεγχος συμπτκνωμένου πάχους της νωπής ανακυκλωμένης στρώσης. Σε κανένα σημείο δεν επιτρέπεται το προσδιοριζόμενο με τον τρόπο αυτό πάχος της συμπτκνωμένης στρώσης να είναι μικρότερο από το προδιαγεγραμμένο πάχος περισσότερο από 15 mm. Αν το πάχος της στρώσης υπολείπεται του προδιαγεγραμμένου περισσότερο από 15 mm, οι έλεγχοι πρέπει να πυκνώσουν έτσι ώστε να εντοπισθεί πλήρως η περιοχή με ελαττωμένο πάχος. Η περιοχή αυτή πρέπει να ανακατασκευαστεί.

Σε περίπτωση που ο έλεγχος της πυκνότητας διενεργείται με ραδιενεργές μεθόδους, τότε ο έλεγχος του πάχους γίνεται με μία διάνοιξη σπής κάθε 300 m².

4.5.3. Έλεγχος υψομέτρων

Πρέπει να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις της Παραγράφου 9.4.

4.5.4. Έλεγχος ομαλότητας

Οι μετρήσεις ομαλότητας με τον τρίμετρο ευθύγραμμο κανόνα πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις της Παραγράφου 9.5.

Οι μετρήσεις ομαλότητας γίνονται :

- κατά τη διαμήκη διεύθυνση (παράλληλα προς τον άξονα) στο μέσον του πλάτους κάθε λωρίδας κυκλοφορίας.
- κατά την εγκάρσια διεύθυνση (κάθετα στον άξονα) σε διατομές που απέχουν μεταξύ τους 10 m.

5. ΟΡΟΙ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Πρέπει να λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα υγιεινής και ασφάλειας για τους εργαζόμενους στο εργοτάξιο και για τους τυχόν επισκέπτες, ιδιαίτερα δε όταν οι εργασίες ανακύκλωσης γίνονται σε αστικές ή περιαστικές περιοχές.

Πρέπει να λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα για τον περιορισμό της όχλησης των περίοικων από θόρυβο, σκόνη κλπ.

Θα πρέπει προς τούτο να τηρούνται οι όροι και τα μέτρα ασφάλειας που προβλέπονται από την ισχύουσα νομοθεσία, βλ. Παράρτημα Β.

Ειδικότερα τα χρησιμοποιούμενα μηχανήματα πρέπει να είναι σύμφωνα με τις διατάξεις της νομοθεσίας περί ασφαλείας των μηχανημάτων οδοποιίας, βλ. Παράρτημα Β.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στη λήψη των κατάλληλων μέτρων κατά τη λειτουργία του συρμού μηχανημάτων ανακύκλωσης για :

- τυχόν παρεμβολή ατόμων μεταξύ του κυρίως μηχανήματος και ρυμουλκούμενων δευτερευόντων μηχανημάτων σε θέσεις που δεν είναι ορατές από τον οδηγό του κυρίως μηχανήματος
- τυχόν ύπαρξη σε μικρό βάθος δικτύων κοινής ωφέλειας
- την προστασία του προσωπικού από τα διερχόμενα οχήματα, σε περιπτώσεις που οι εργασίες γίνονται με ταυτόχρονη κυκλοφορία τμήματος της οδού

6. ΕΠΙΜΕΤΡΗΣΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Η επιμέτρηση θα γίνεται ανά τετραγωνικό μέτρο πλήρως περαιωμένης εργασίας (εργασία και υλικά) και θα περιλαμβάνει κάθε δαπάνη για την προμήθεια επιτόπου των υλικών στην απαιτούμενη ποσότητα και ποιότητα, για την ανάμιξη, τη διάστρωση, τη μόρφωση της επιφάνειας, τη συμπύκνωση και τη συντήρηση με ασφαλτικό γαλάκτωμα. Εξαιρούνται τα ακόλουθα υλικά, η επιμέτρηση των οποίων θα γίνεται ανά τόνο :

- Προστιθέμενα αδρανή υλικά, αν απαιτούνται
- Χημικά πρόσθετα, αν απαιτούνται
- Αδρανή υλικά (ψηφίδα) που διασκορπίζονται στην επιφάνεια του ασφαλτικού γαλακτώματος καθώς και η δεύτερη επάλειψη με ασφαλτικό γαλάκτωμα, αν απαιτούνται (για την περίπτωση της άμεσης απόδοσης της ανακυκλωμένης στρώσης στην κυκλοφορία, Παρ. 5.2.1)

Η εργασία δημιουργίας των αρμών θα επιμετράται ανά τρέχον μέτρο.

Η επιμέτρηση για την εργασία της δεύτερης επάλειψης με ασφαλτικό γαλάκτωμα και τον διασκορπισμό αδρανών υλικών στην επιφάνεια του ασφαλτικού γαλακτώματος θα γίνεται ανά τετραγωνικό μέτρο.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Υ.Π.Ε.ΧΩ.Δ.Ε.



ΠΡΟΣΩΡΙΝΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

ΠΕΤΕΠ 05-03-16-00

- 05 Έργα Οδοποιίας
- 03 Οδοστρώματα
- 16 Ανακατασκευή βάσεων οδοστρωμάτων με ψυχρή ανακύκλωση και προσθήκη αφρώδους ασφάλτου (CIR)**

Έκδοση 1.0 - Δεκέμβριος 2008

Το έργο της σύνταξης των ΠΕΤΕΠ υλοποιήθηκε αρχικώς στο πλαίσιο του “Προγράμματος Δράσεων για τον εκσυγχρονισμό της παραγωγής των Δημοσίων Έργων” (Action Plan του ΥΠΕΧΩΔΕ), υπό την εποπτεία και καθοδήγηση της 2ης Ομάδας Διοίκησης Έργου (2η ΟΔΕ).

Από το 2006 και εφεξής συνεχίζεται από το Ινστιτούτο Οικονομίας Κατασκευών (ΙΟΚ)

Πίνακας μεταβολών, αναθεωρήσεων, ενημερώσεων, συμπληρώσεων

<i>Περιγραφή</i>	<i>Ημερομηνία</i>	<i>Παρατηρήσεις</i>
Πρώτη έκδοση	12/2008	Το κείμενο συντάχθηκε από Μηχανικούς του ΙΟΚ

Η εκάστοτε τελευταία έκδοση, αντικαθιστά όλες τις προηγούμενες, οι οποίες πρέπει να καταστρέφονται.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	1
2. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	1
2.1. ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ.....	1
2.1.1 Αδρανή υπάρχοντος οδοστρώματος.....	1
2.1.2 Πρόσθετα αδρανή.....	2
2.1.3 Συνδετικά υλικά.....	2
2.1.3.1. Χημικά συνδετικά/ σταθεροποιητικά υλικά.....	2
2.1.3.2. Ασφαλτικά συνδετικά υλικά	2
2.1.4 Νερό.....	2
2.2. ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ	2
3. ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	4
3.1. ΓΕΝΙΚΑ.....	4
3.2. ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΓΙΑ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΨΥΧΡΗ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ	4
3.3. ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ - ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	5
3.3.1 Τσιμέντο	6
3.3.2 Νερό.....	6
3.4. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	6
3.4.1 Εξασφάλιση της κυκλοφορίας κατά την κατασκευή.....	6
3.4.2 Προσδιορισμός ποσοστού υγρασίας του επί τόπου υλικού.....	6
3.4.3 Χρονικοί περιορισμοί.....	7
3.4.4 Προγραμματισμός εργασιών.....	7
3.4.4.1. Γενικά.....	7
3.4.4.2. Προκαταρκτικές εργασίες	7
3.4.4.3. Διαδικασία ανακύκλωσης	7
3.5. ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ	9
3.6. ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΣΤΡΩΣΗΣ - ΑΝΟΧΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΑΤΩΜΕΝΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	9
3.6.1 Γενικά	9
3.6.2 Ειδικές γεωμετρικές απαιτήσεις της επιφάνειας της ανακυκλωμένης στρώσης	10
3.7. ΚΑΙΡΙΚΟΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ	10
4. ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ	11
4.1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΛΕΓΧΩΝ.....	11
4.2. ΕΛΕΓΧΟΙ ΥΛΙΚΩΝ.....	11
4.2.1 Σκοπός	11
4.2.2 Διαδικασία	11
4.2.3 Έλεγχος Ανακυκλούμενου υλικού.....	11
4.2.4 Γεωμετρικός Έλεγχος	13
5. ΤΡΟΠΟΣ ΕΠΙΜΕΤΡΗΣΗΣ.....	13

Ανακατασκευή βάσεων οδοστρωμάτων με ψυχρή ανακύκλωση και προσθήκη αφρώδους ασφάλτου

ΠΕΤΕΠ
05-03-16-00

1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

Αντικείμενο της παρούσας ΠΕΤΕΠ είναι ο καθορισμός των απαιτήσεων για την κατασκευή της ανώτατης στρώσης βάσης οδοστρωσίας, με βελτιωμένα χαρακτηριστικά και αντοχές, με χρήση, κατά κύριο λόγο, των επί τόπου υλικών των ανώτερων στρώσεων του υπάρχοντος οδοστρώματος με την τεχνική της ψυχρής ανακύκλωσης.

Η ανακύκλωση θα εφαρμόζεται μετά από συστηματική έρευνα και δειγματοληψία του υπάρχοντος οδοστρώματος, μελέτη σύνθεσης του μίγματος προς διάστρωση, προσδιορισμό του ελαχίστου πάχους της στρώσης (διαστασιολόγηση οδοστρώματος).

Στις εργασίες περιλαμβάνονται:

- Η θραύση, ανακύκλωση και ομογενοποίηση του μίγματος αδρανών των ανώτερων στρώσεων του υπάρχοντος οδοστρώματος.
- Η βελτίωση της κοκκομετρίας του προς ανακύκλωση υλικού με την προσθήκη κατάλληλων αδρανών, όταν απαιτείται (βλ. παρ. 2.1.2).
- Η προσθήκη και ανάμιξη κατάλληλων πρόσθετων υλικών, όπως τσιμέντου, αφρώδους ασφάλτου (άσφαλτος διογκωμένη με νερό), και ενδεχομένως άλλων χημικών πρόσθετων, βάσει της εγκεκριμένης μελέτης σύνθεσης υλικών.
- Η διάστρωση και συμπύκνωση του προκύπτοντος μίγματος για την κατασκευή της νέας βάσης οδοστρωσίας.

2. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

2.1. ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ

2.1.1 Αδρανή υπάρχοντος οδοστρώματος

Πριν από την εκτέλεση των εργασιών θα πραγματοποιείται δειγματοληψία και εργαστηριακός έλεγχος του υπάρχοντος οδοστρώματος προκειμένου:

- Να αποτυπωθεί η στρωματογραφία του.
- Να προσδιοριστούν η κοκκομετρία, η πλαστικότητα και όλες οι λοιπές σχετικές ιδιότητες των αδρανών του, ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη μελέτη σύνθεσης του υλικού που θα διαστρωθεί με την μέθοδο της ψυχρής ανακύκλωσης.
- Να προσδιορισθεί η περιεκτικότητα σε υγρασία του υπάρχοντος υλικού οδοστρωσίας.

Με βάση τα αποτελέσματα των ανωτέρω ερευνών και εργαστηριακών ελέγχων θα προσδιορισθούν τα χαρακτηριστικά της νέας στρώσης που θα κατασκευαστεί.

2.1.2 Πρόσθετα αδρανή

Σε περίπτωση διαπίστωσης κοκκομετρικών ασυνεχειών στα υπάρχοντα αδρανή, προκειμένου να επιτευχθεί η βέλτιστη συμπεριφορά του προς διάστρωση μίγματος θα προστεθούν κατάλληλα κλάσματα αδρανών ούτως ώστε να αποκατασταθεί η κοκκομετρία, σύμφωνα με τα καθοριζόμενα στην ΠΕΤΕΠ 05-03-03-00 "Στρώσεις οδοστρωμάτων από ασύνδετα αδρανή υλικά".

Τα πρόσθετα αδρανή που θα χρησιμοποιηθούν, θα είναι θραυστά προέλευσης λατομείου ή θραυστά φυσικά συλλεκτά αμμοχάλικα ποταμών, χειμάρρων ή ορυχείων, με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Η φθορά σε τριβή και κρούση προσδιοριζόμενη κατά την Πρότυπη Μέθοδο Los Angeles δεν θα υπερβαίνει το 40%.
- Η κοκκομετρική διαβάθμιση των υλικών θα είναι συνεχής. Το 95% των δειγματοληψιών κατά την διάρκεια της κατασκευής, δεν θα αποκλίνουν της μελέτης σύνθεσης πέραν του $\pm 6\%$ για κλάσματα διερχόμενα από το κόσκινο No 4, κατά $\pm 4\%$ για τα διερχόμενα από το No 40 και κατά $\pm 2\%$ για τα διερχόμενα από το No 200.
- Ποσοστό 75% κατά βάρος των κόκκων που συγκρατούνται στο κόσκινο No 4 πρέπει να εμφανίζει τουλάχιστον δύο επιφάνειες που προέρχονται από θραύση.

Εάν η παραπάνω απαίτηση ομοιομορφίας της διαβαθμίσεως δεν μπορεί να τηρηθεί, τα αδρανή που θα ανακτώνται διαχωρίζονται σε κλάσματα (π.χ. σκύρα, γαρμπίλι, άμμος) και θα επανασυντίθενται με βάση τις απαιτούμενες αναλογίες.

2.1.3 Συνδετικά υλικά

2.1.3.1. Χημικά συνδετικά/ σταθεροποιητικά υλικά

Ως σταθεροποιητικά υλικά για την ψυχρή ανακύκλωση είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν:

- Τσιμέντα διαφόρων τύπων.
- Υδράσβεστος, όπου και αν κριθεί απαραίτητη από τη μελέτη σύνθεσης.

Ειδικότερα για τη χρήση του τσιμέντου, επισημαίνονται τα ακόλουθα:

- α) Το τσιμέντο θα πληροί τις απαιτήσεις του προτύπου EN 197-1.
- β) Συνιστάται η χρήση τσιμέντου τύπου II ή τύπου III.
- γ) Δεν θα χρησιμοποιούνται τσιμέντα κατηγορίας αντοχής ανώτερης των 32,5 MPa.

2.1.3.2. Ασφαλτικά συνδετικά υλικά

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή της ανακυκλωμένης στρώσης αφρώδης ασφαλτος τύπου 50/70 ή κατά προτίμηση 80/100, αλλά πάντοτε σύμφωνα με την εγκεκριμένη μελέτη σύνθεσης. Σε κάθε περίπτωση, στην πράξη θα εφαρμόζεται ΑΣΦΑΛΤΟΣ ΤΟΥ ΙΔΙΟΥ ΑΚΡΙΒΩΣ ΤΥΠΟΥ, με αυτή που χρησιμοποιήθηκε στην εγκεκριμένη μελέτη σύνθεσης (Παρ. 4.3 κατωτέρω).

2.1.4 Νερό

Το νερό αναμίξεως, διογκώσεως της ασφάλτου και συντηρήσεως πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του Προτύπου ΕΛΟΤ EN 1008 για τα άοπλα σκυροδέματα.

2.2. ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ

Αντικείμενο της μελέτης σύνθεσης είναι ο καθορισμός της περιεκτικότητας του μίγματος σε τσιμέντο, ασφαλτο, νερό, και τυχόν άλλα πρόσθετα υλικά, της κοκκομετρικής διαβάθμισης των αδρανών καθώς και της πυκνότητας του συμπυκνωμένου υλικού.

Ο Ανάδοχος, θα πρέπει να έχει εξασφαλίσει τις υπηρεσίες ειδικού Συμβούλου/Οίκου για την μελέτη (ή τις μελέτες) σύνθεσης και την εκτέλεση των εργασιών, οφείλει δε να παρουσιάσει αναλυτικά την προτεινόμενη μεθοδολογία κατασκευής, την μεθοδολογία των μελετών σύνθεσης και των ενδεχομένων τροποποιήσεων αυτών, σε περιοχές όπου συνυπάρχουν ημιάκαμπτα και εύκαμπτα οδοστρώματα.

Στις μελέτες σύνθεσης θα καθορίζεται ποια αποτελέσματα δοκιμών/ελέγχων θα θεωρούνται καθοριστικά για την αποδοχή της έτοιμης συμπυκνωμένης στρώσης.

Οι μελέτες συνθέσεως, οι οποίες υπόκεινται στην έγκριση της Υπηρεσίας, θα αναφέρονται στα ακόλουθα:

1. Προσδιορισμός των αφρωδών χαρακτηριστικών του ασφαλτοσκυροδέματος.

Επισημαίνεται ότι για την παρασκευή αφρώδους ασφάλτου στο εργαστήριο απαιτείται ειδική εργαστηριακή μονάδα, με την οποία θα προσδιοριστεί η εφαρμοστέα θερμοκρασία της ασφάλτου και η αναλογία του ψεκαζόμενου νερού, για την βελτιστοποίηση των ιδιοτήτων αφροποίησης της συγκεκριμένης ασφάλτου, δηλ. την μεγιστοποίηση του λόγου εξάπλωσης και της ημιδιάρκειας ζωής του παραγόμενου αφρού. Συνήθως εφαρμόζεται η ακόλουθη διαδικασία:

- Ρύθμιση της παροχής της ασφάλτου και του νερού.
- Μέτρηση των χαρακτηριστικών αφροποίησης της ασφάλτου σε θερμοκρασίες 160°C, 180°C, και 200°C, οι οποίες διατηρούνται σταθερές επί τουλάχιστον 10' πριν αρχίσει η παραγωγή αφρού. Για κάθε θερμοκρασία ελέγχου γίνονται μετρήσεις των χαρακτηριστικών αφροποίησης τεσσάρων δειγμάτων με ποσοστά νερού (που προστίθεται με ψεκασμό) από 1 έως 4 % κ.β. ασφάλτου, σε βήματα του 1% .

2. Προετοιμασία αδρανών.

- Ανάδευση του δείγματος και λήψη πέντε αντιπροσωπευτικών δειγμάτων βάρους 10 kg έκαστο.
- Εκτέλεση τυπικών κοκκομετρικών ελέγχων και προσδιορισμός του δείκτη πλαστικότητας από τα διαφορετικά υλικά του μείγματος.
- Εμπλουτισμός, αν απαιτείται, με κατάλληλα κλάσματα αδρανών για να επιτευχθεί η επιθυμητή διαβάθμιση.
- Προσδιορισμός της βέλτιστης υγρασίας του εμπλουτισμένου δείγματος.
- Ξήρανση του υλικού με θερμό αέρα και έλεγχος δύο αντιπροσωπευτικών δειγμάτων για τον προσδιορισμό του ποσοστού της υγρασίας.
- Προσδιορισμός του ποσοστού ασφάλτου του ανακτώμενου υλικού (αν αυτό περιέχει φρεζαρισμένη άσφαλτο).

3. Προσδιορισμός της βέλτιστης περιεκτικότητας αφρώδους ασφάλτου.

- Επεξεργασία με αφρώδη άσφαλτο και προετοιμασία δειγμάτων.
- Προετοιμασία δοκιμών Marshall κατά EN 12697-3.

Παρατηρήσεις:

α) Για κάθε δοκίμιο, απαιτείται ποσότητα υλικού ~ 1150 gr.

β) Δεν λαμβάνονται υπόψη για περαιτέρω ελέγχους δοκίμια Marshall που έχουν διαφορά από τη μέση πυκνότητα μεγαλύτερη από 50 kg/m³.

- Συντήρηση δοκιμών επί 72 ώρες σε φούρνο, στους 40 °C, με συνεχή ροή αέρα.

- Προσδιορισμός πυκνότητας δειγμάτων.
- Προσδιορισμός (έμμεσος) αντοχής σε θλίψη (ITS = Indirect Tensile Strength).
- Προσδιορισμός αντοχής σε θλίψη υπό υγρές και ξηρές συνθήκες, με μέτρηση του μέγιστου φορτίου θραύσης με σταθερό βαθμό παραμόρφωσης κατά τον διαμήκη άξονα του δοκιμίου.
- Προσδιορισμός του βελτίστου ποσοστού αφρώδους ασφάλτου.

Προς τούτο σχεδιάζεται διάγραμμα με άξονες τις προκύπτουσες αντοχές σε θλίψη και το ποσοστό κατά βάρος του μίγματος της αφρώδους ασφάλτου (προστιθέμενη άσφαλτος), για όλα τα δείγματα, υγρά και ξηρά. Το προστιθέμενο ποσοστό αφρώδους ασφάλτου για το οποίο η αντοχή σε θλίψη του υγρού δοκιμίου προκύπτει μέγιστη αποτελεί το βέλτιστο ποσοστό.

- Οι αναλογίες προστιθέμενης ασφάλτου και τσιμέντου θα καθορισθούν στην τελική μελέτη σύνθεσης, αλλά δεν μπορούν να είναι μικρότερες από 3% και 1% αντίστοιχα, κατά βάρος του μίγματος.

Κατά την διάρκεια της κατασκευής, είναι δυνατόν να τροποποιηθεί η μελέτη σύνθεσης, για να βελτιωθεί η ποιότητα του τελικού προϊόντος. Προς τούτο θα γίνει νέα σειρά δοκιμών και η νέα μελέτη συνθέσεως θα υποβληθεί στην Υπηρεσία προς έγκριση.

3. ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

3.1. ΓΕΝΙΚΑ

Επισημαίνεται ότι η επιτυχία της κατασκευής εξαρτάται κατά πολύ τόσο από τον ορθό προγραμματισμό των εργασιών όσο και από τον χρησιμοποιούμενο μηχανικό εξοπλισμό.

Ο χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός πρέπει να είναι επαρκούς δυναμικότητας και σε άψογη κατάσταση λειτουργίας, ενώ το προσωπικό που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να είναι αποδεδειγμένης εμπειρίας, που θα τεκμηριώνεται με σχετικά πιστοποιητικά ή βεβαιώσεις εργοδοτών.

Μηχανήματα και εγκαταστάσεις παρωχημένης τεχνολογίας ή κακοσυντηρημένα και συνεργεία κατασκευής χωρίς τεκμηριωμένη, ως ανωτέρω, εμπειρία, δεν θα γίνονται αποδεκτά.

3.2. ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΓΙΑ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΨΥΧΡΗ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ

Ο απαιτούμενος μηχανικός εξοπλισμός θα έχει την δυνατότητα ανακύκλωσης των υφιστάμενων οδοστρωμάτων στο προβλεπόμενο βάθος, διαχείρισης του υλικού της εγκεκριμένης μελέτης σύνθεσης, και διατήρησης της ομοιογένειάς του, σε μία μόνη διέλευση του συρμού ανακύκλωσης.

Ο εξοπλισμός (ανακυκλωτής, recycler) θα πρέπει κατ' ελάχιστον να πληροί τις ακόλουθες απαιτήσεις:

- Δυνατότητα ανακύκλωσης σε βάθος τουλάχιστον 30 cm, σε μία μόνη διέλευση με αυτόματο έλεγχο του επιλεγόμενου βάθους ανακύκλωσης και εγκατεστημένη ισχύ τουλάχιστον 600 HP.
- Τύμπανο αναμόχλευσης, περιστρεφόμενο κατ' ανθρωπολογική φορά, ελαχίστου πλάτους 2,0 m
- Διάταξη ρύθμισης κοκκομετρίας στο τύμπανο ανακύκλωσης.
- Εάν το προβλεπόμενο βάθος ανακύκλωσης υπερβαίνει τα 300 mm, το σύστημα του ανακυκλωτού πρέπει να διαθέτει δυνατότητα αύξησης του όγκου του θαλάμου ανακύκλωσης.

Το ανακυκλωμένο υλικό θα εξέρχεται από το θάλαμο ανακύκλωσης κατά τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται η μη απόμιξη.

Η διάστρωση και η ισοπέδωση του υλικού θα γίνεται είτε με τη χρήση ισοπεδωτή (grader) είτε με ειδική εξάρτηση που θα φέρει στο οπίσθιο μέρος του ο ανακυκλωτής (π.χ. δονητική πλάκα).

Η ανάμιξη του ανακυκλούμενου υλικού με το νερό, το τσιμέντο και την αφρώδη άσφαλο θα γίνεται είτε στον ίδιο τον ανακυκλωτή ή σε ανεξάρτητη μονάδα του συρμού. Ο σχετικός εξοπλισμός πρέπει να διαθέτει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Σύστημα ελέγχου με μικροεπεξεργαστή για την συνεχή ρύθμιση της προσθήκης νερού και λοιπών ρευστών υλικών σταθεροποίησης σε συνάρτηση με την ταχύτητα κίνησης του ανακυκλωτή και τη μάζα του ανακυκλούμενου υλικού.
- Ανεξάρτητες δοσιμετρικές διατάξεις για την προσθήκη νερού και σταθεροποιητών, ακριβείας $\pm 3\%$ κατ' όγκον.
- Σύστημα αυτοκαθαρισμού των ακροφυσίων ψεκασμού για την εξασφάλιση της ομοιομορφίας του τελικού μίγματος.
- Σύστημα ψεκασμού με δυνατότητα προσαρμογής στο εκάστοτε πλάτος εφαρμογής της ανακύκλωσης.
- Σύστημα παραγωγής αφρώδους ασφάλτου εφοδιασμένο με αυτόματη διάταξη ελέγχου/ρύθμισης του λόγου νερού προς άσφαλο.
- Για την αποφυγή συμπυκνωμάτων ασφάλτου στα ακροφύσια ο ανακυκλωτής πρέπει να διαθέτει ηλεκτρικό σύστημα θέρμανσης για την διατήρηση της ασφάλτου σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$).
- Η σύνδεση του ανακυκλωτή με το βυτιοφόρο τροφοδοσίας θα γίνεται με ένα μόνον σωλήνα (δεν γίνεται αποδεκτή η αντεπιστροφή της ασφάλτου από τον ανακυκλωτή προς το βυτιοφόρο). Άσφαλος που για οποιονδήποτε λόγο θερμανθεί πάνω από $220\text{ }^{\circ}\text{C}$ είναι ακατάλληλη για την παραγωγή αφρώδους ασφάλτου και θα απορρίπτεται.

Τα βυτιοφόρα ασφάλτου θα είναι δυναμικότητας τουλάχιστον 10.000 λίτρων και να φέρουν κατάλληλες διατάξεις πρόσδεσης με τον συρμό (κοτσαδόρους, προφυλακτήρες κλπ). Τα βυτιοφόρα θα είναι σε άριστη κατάσταση λειτουργίας και δεν θα παρουσιάζουν καμία απολύτως διαρροή ασφάλτου, θα διαθέτουν δε υποχρεωτικώς:

- Οργανο ένδειξης της θερμοκρασίας του κατώτερου 1/3 του βυτίου.
- Βαλβίδα τουλάχιστον D 75 mm που θα επιτρέπει την πλήρη εκκένωση του φορτίου.
- Πλήρη θερμομόνωση.
- Σύστημα θέρμανσης με δυνατότητα ανύψωσης της θερμοκρασίας του φορτίου κατά $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ εντός μίας ώρας.
- Βαθμονομημένο μετρητή (βέργα) με υποδιαιρέσεις όχι μεγαλύτερες των 100 lt, για μέτρηση του εκάστοτε περιεχομένου του βυτίου.

3.3. ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ - ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

Η συμπύκνωση γενικώς θα γίνεται αμέσως μετά από την ανακύκλωση του υλικού σε ποσοστό 97% της μέγιστης ξηράς πυκνότητας κατά Proctor σύμφωνα με το πρότυπο EN 13286-2, καθ' όλο το βάθος της στρώσης, με δονητικούς ή ελαστικοφόρους οδοστρωτήρες.

Το κατώτερο 1/3 του πάχους της ανακυκλωμένης στρώσης δεν επιτρέπεται να έχει βαθμό συμπύκνωσης χαμηλότερη από 95% κατά Proctor σε κανένα δείγμα.

Το ελάχιστο στατικό βάρος του οδοστρωτήρα εξαρτάται από το πάχος της ανακυκλωμένης στρώσεως. Ενδεικτικά παρατίθενται τα ακόλουθα στοιχεία:

Πάχος Στρώσης	Στατικό βάρος οδοστρωτήρα
<15 cm	12 ton
15 cm έως 20 cm	17 ton
>20 cm	≥20 ton

Η συμπύκνωση συνιστάται να γίνεται αρχικά με δόνηση χαμηλής συχνότητας, για να συμπυκνωθεί το κατώτερο τμήμα της στρώσης και στην συνέχεια με δόνηση υψηλότερης συχνότητας.

Μετά την αρχική συμπύκνωση χαμηλής συχνότητας η επιφάνεια της στρώσης θα ομαλοποιείται με ισοπεδωτή (grader), πριν από την έναρξη της συμπύκνωσης υψηλότερης συχνότητας.

Για την τελική συμπύκνωση θα χρησιμοποιούνται οδοστρωτήρες με λεία μεταλλικά τύμπανα ή ελαστικοφόροι, αφού προηγηθεί ελαφρός ψεκασμός με νερά.

Η συμπύκνωση θα συνεχίζεται μέχρι να εξασφαλισθεί πλήρως συμπυκνωμένη επιφάνεια. Τυχόν χαλαρά υλικά στην επιφάνεια θα απομακρύνονται με τη λεπίδα του ισοπεδωτή.

ΔΕΝ ΕΠΙΤΡΕΠΕΤΑΙ να προστεθεί εκ των υστέρων υλικό οποιασδήποτε σύστασης σε λεπτές στρώσεις επί της τελικής επιφανείας της ανακυκλωμένης στρώσης, είτε για να επιτευχθεί το απαιτούμενο πάχος είτε για να εξασφαλισθούν οι λοιπές γεωμετρικές και κατασκευαστικές ανοχές.

3.3.1 Τσιμέντο

Το τσιμέντο θα αποθηκεύεται σε σιλό επαρκούς χωρητικότητας για την ημερήσια κατανάλωση αιχμής και την κάλυψη τυχόν καθυστερήσεων αφίξεως σιλοφόρων τροφοδοσίας.

3.3.2 Νερό

Το νερό γενικώς θα αποθηκεύεται σε δεξαμενές. Σε περίπτωση που θα ληφθεί από το δίκτυο υδρεύσεως συνιστάται ενδιάμεση δεξαμενή αποθηκεύσεως.

3.4. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

3.4.1 Εξασφάλιση της κυκλοφορίας κατά την κατασκευή

Για την εξασφάλιση της κυκλοφορίας στον οδικό άξονα κατά την διάρκεια εκτέλεσης των εργασιών ο Ανάδοχος θα συντάξει μελέτη εκτροπών και εργοταξιακής σήμανσης την οποία θα υποβάλει στην Υπηρεσία προς έγκριση. Η μελέτη θα βασίζεται στις εκάστοτε ισχύουσες προδιαγραφές του ΥΠΕΧΩΔΕ.

3.4.2 Προσδιορισμός ποσοστού υγρασίας του επί τόπου υλικού

Η περιεκτικότητα σε υγρασία του ανακυκλωμένου υλικού πρέπει να ελέγχεται κατά διαστήματα προκειμένου να διαπιστωθεί εάν συμμορφώνεται προς την βέλτιστη υγρασία που έχει προσδιοριστεί από την μελέτη σύνθεσης. Προς τούτους θα γίνονται δύο μετρήσεις υγρασίας ανά 500 m διέλευσης του συρμού, σε θέσεις επί της αυτής διατομής απέχουσες 2,00 m μεταξύ τους.

Οι έλεγχοι αυτοί θα γίνονται λίγο πριν την έναρξη των εργασιών και, οπωσδήποτε, κάθε φορά που οι συνθήκες φυσικής υγρασίας μεταβάλλονται, (π.χ. βροχή) οπότε απαιτείται νέος προσδιορισμός της επί τόπου υγρασίας.

3.4.3 Χρονικοί περιορισμοί

Το χρονικό διάστημα, από την ανάμιξη του επί τόπου υλικού και των προβλεπόμενων από την μελέτη συνθέσεως συνδετικών υλικών (αφρώδης ασφαλτος, τσιμέντο κλπ.) μέχρι την διάστρωση και συμπίκνωση, μπορεί θεωρητικώς να είναι αρκετά μεγάλο, μέχρι τρεις ημέρες. Συνιστάται πάντως η συμπίκνωση να πραγματοποιείται αμέσως μετά την ανακύκλωση.

3.4.4 Προγραμματισμός εργασιών

3.4.4.1. Γενικά

Οι εργασίες θα εκτελούνται με βάση αναλυτικό ημερήσιο πρόγραμμα, το οποίο θα περιλαμβάνονται κατ' ελάχιστον τα ακόλουθα:

- Σχηματικό διάγραμμα των διελεύσεων του συρμού ανακύκλωσης κατά μήκος και κατά πλάτος της ζώνης εκτέλεσης των εργασιών, με τις επικαλύψεις μεταξύ διαδοχικών διελεύσεων και την αλληλουχία τους.
- Εκτίμηση ταχύτητας ανακύκλωσης, ανάμιξης και συμπίκνωσης κάθε διέλευσης και προσδιορισμός του προσδοκώμενου χρόνου αποπεράτωσης εκάστης διέλευσης.
- Τις θέσεις δειγματοληψιών για τον προσδιορισμό της υγρασίας του υλικού.
- Την προβλεπόμενη προσθήκη νερού ανά διέλευση, με επισήμανση των θέσεων αλλαγής του προστιθέμενου νερού.
- Τις ποσότητες και τον τύπο των συνδετικών υλικών που αναλογούν σε κάθε διέλευση, σύμφωνα με την εγκεκριμένη μελέτη συνθέσεως.
- Τους προβλεπόμενους ποιοτικούς ελέγχους (θέσεις είδος κλπ.).

Συνιστάται η χρήση τυποποιημένου εντύπου για την σύνταξη του ημερησίου προγράμματος.

Ο υπεύθυνος Μηχανικός του Έργου πρέπει να έχει το εν λόγω πρόγραμμα διαθέσιμο επί τόπου σε πρώτη ζήτηση.

3.4.4.2. Προκαταρκτικές εργασίες

Πριν την έναρξη της ανακύκλωσης θα έχουν ολοκληρωθεί οι ακόλουθες προεργασίες:

- Απόξεση για την εξομάλυνση των υπαρχουσών ασφαλτικών στρώσεων (εάν προβλέπεται).
- Απομάκρυνση τυχόν λιμναζόντων νερών.
- Καθαρισμός και απομάκρυνση τυχόν απορριμμάτων και ακατάλληλων υλικών.
- Επισήμανση των προβλεπόμενων τροχιών διέλευσης του συρμού ανακύκλωσης.

Η ερυθρά και οι επικλίσεις που θα εφαρμοσθούν θα καθορίζονται στην εγκεκριμένη μελέτη εφαρμογής.

3.4.4.3. Διαδικασία ανακύκλωσης

Κοκκομετρία ανακυκλωμένου υλικού

Η κοκκομετρία και η ομοιομορφία του ανακυκλούμενου υλικού επηρεάζεται από την ταχύτητα περιστροφής του τυμπάνου, τα χαρακτηριστικά του ανακυκλωτή, την ταχύτητα κίνησης του συρμού, και τις ρυθμίσεις μεγίστου κόκκου θρυμματιζομένου υλικού. Τα ανωτέρω πρέπει σε κάθε περίπτωση να προσαρμόζονται κατάλληλα ώστε να επιτυγχάνεται η πλησιέστερη προς τη μελέτη σύνθεσης κοκκομετρία.

Για την αξιολόγηση του επιτυγχανόμενου αποτελέσματος θα προηγείται η κατασκευή δοκιμαστικού τμήματος (βλ. παρ. 4,5).

Προσθήκη νερού και ρευστών σταθεροποιητών

Οι σύγχρονοι ανακυκλωτές διαθέτουν ηλεκτρικά συστήματα ελέγχου (με μικροεπεξεργαστές) της παροχής νερού και λοιπών προσθέτων ρευστών υλικών και επιτρέπουν συνεχή έλεγχο ώστε να εξασφαλίζεται το βέλτιστο αποτέλεσμα από άποψη συμπύκνωσης, αλλά και ποσοστού ενσωματωμένης ασφάλτου.

Στο πέρας της βάρδεις θα ελέγχεται η ποσότητα της ενσωματωθείσας ασφάλτου (ογκομέτρηση περιεχομένου δεξαμενών) και θα γίνεται σύγκρισή της με την αναλογούσα, σύμφωνα με την μελέτη συνθέσεως, για το διαστρωθέν τμήμα.

Κάθε φορά που συνδέεται νέο βυτιοφόρο ασφάλτου με το συρμό ανακύκλωσης θα προσδιορίζονται τα χαρακτηριστικά της διόγκωσης της αφρώδους ασφάλτου εντός πέντε λεπτών από την έναρξη της ανακύκλωσης, με λήψη δείγματος από το ειδικό ακροφύσιο του ανακυκλωτή.

Έλεγχος βάθους ανακύκλωσης

Το βάθος της ανακύκλωσης θα καταγράφεται ανά 100 mm στα δύο άκρα του τύμπανου ανακύκλωσης, από την μετρητική διάταξη του ανακυκλωτή.

Επικαλύψεις διαδοχικών παράλληλων διελεύσεων

Για διασφάλιση πλήρους ανακύκλωσης του οδοστρώματος, οι κατά μήκος αρμοί μεταξύ διαδοχικών διελεύσεων θα επικαλύπτονται κατ' ελάχιστο κατά 150 mm.

Αυτό πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά την χάραξη επί του οδοστρώματος των γραμμών διέλευσης του συρμού. Μόνο η πρώτη ζώνη διέλευσης θα έχει πλάτος ίσο με το πλάτος του τύμπανου του ανακυκλωτή. Οι υπόλοιπες θα είναι κατά 15 cm στενότερες.

Το ως άνω μειωμένο (λόγω επικάλυψης) πλάτος πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την ρύθμιση των ακροφυσίων προσθήκης νερού και ασφάλτου του ανακυκλωτή.

Συνέχεια της στρώσης κατά μήκος - Εγκάρσιοι αρμοί

Πρέπει να εξασφαλίζεται, σε κάθε περίπτωση, η συνέχεια της στρώσης μεταξύ διαδοχικών, κατά μήκος ή πλάτος, τμημάτων ανακύκλωσης.

Δεν πρέπει να παραμένουν μη ανακυκλωμένα τμήματα μεταξύ των «εισόδων» και «εξόδων» του κοπτικού τύμπανου ανακυκλωτή σε γειτονικά τμήματα.

Για τη διασφάλιση της συνέχειας και της ομοιομορφίας της στρώσης ανακύκλωσης, η θέση παύσης εργασιών του ανακυκλωτή θα σημειώνεται, κατά το πέρας των εργασιών, στην θέση του άξονα περιστροφής του τύμπανου.

Την επόμενη μέρα, η έναρξη εργασιών θα γίνεται τουλάχιστον 0,5 m πριν την σημειωμένη γραμμή (μικρή οπισθοπορεία του συρμού).

Συντήρηση της στρώσης

Εάν προβλέπεται απόδοση του ανακυκλωθέντος τμήματος στην κυκλοφορία, μετά τη συμπύκνωση της τελικής επιφάνειας της στρώσης, απαιτείται ελαφρά επάλειψη με αραιωμένο ασφαλτικό γαλάκτωμα και διέλευση ελαστικοφόρου οδοστρωτήρα, προκειμένου να επιτευχθεί μια «κλειστή» τελική επιφάνεια.

Η τελειωμένη επιφάνεια της στρώσης ανακύκλωσης πρέπει να διαβρέχεται ελαφρά και συχνά. (για 3-4 ημέρες μετά την αποπεράτωση).

Δεν επιτρέπεται να εφαρμοσθεί συγκολλητική επάλειψη πριν το ποσοστό υγρασίας της ανακυκλωμένης στρώσης υποχωρήσει στο - 2% υπό την υγρασία κορεσμού του μίγματος της εν λόγω στρώσης.

Παράδοση στην κυκλοφορία

Το αποπερατωμένο οδικό τμήμα της ανακύκλωσης μπορεί να παραδοθεί σε κυκλοφορία κατά τις βραδινές ώρες της ίδιας ημέρας, εφόσον βέβαια έχουν εξασφαλιστεί οι απαραίτητες συνθήκες ασφαλούς χρήσης του (σήμανση, συντήρηση ως ανωτέρω κλπ).

3.5. ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ

Πριν από την έναρξη των καθ' αυτό εργασιών θα κατασκευαστεί δοκιμαστικό τμήμα μήκους τουλάχιστον 100 m και πλάτους μιας πλήρους λωρίδας κυκλοφορίας, με τα υλικά, την σύνθεση, τα μηχανήματα και το προσωπικό που θα χρησιμοποιηθεί για το κύριο έργο.

Σκοπός της κατασκευής του τμήματος αυτού είναι να γίνει γενική δοκιμή της καταλληλότητας των μεθόδων εκτέλεσης (μελέτη σύνθεσης, ταχύτητα συρμού, ποιότητα επιτόπου υλικού, ρυθμός περιστροφής τύμπανου ανακυκλωτή) του μηχανικού εξοπλισμού (επίτευξη των γεωμετρικών και λοιπών χαρακτηριστικών της στρώσης) και του τρόπου συντήρησης καθώς και η επαλήθευση των παραμέτρων της μελέτης σύνθεσης και αντοχής του οδοστρώματος. Συνιστάται το δοκιμαστικό τμήμα να περιλαμβάνει έναν εγκάρσιο και ένα διαμήκη αρμό.

Η θέση του δοκιμαστικού τμήματος θα είναι της επιλογής της Υπηρεσίας και μπορεί να ενσωματωθεί στο κύριο έργο του Αναδόχου εφ' όσον οι έλεγχοι προκύψουν ικανοποιητικοί.

Στο δοκιμαστικό τμήμα θα γίνουν όλοι οι δυνατοί έλεγχοι που προβλέπονται στις παρ. 3.6 και 4 ("ποιοτικός έλεγχος"). Ιδιαίτερη σημασία θα δοθεί στην ομοιομορφία του πάχους της στρώσης, την αντοχή, την συμπίκνωση και την επίτευξη της απαιτούμενης επιπεδότητας.

Σε περίπτωση που οι δοκιμές δείξουν ότι δεν εξασφαλίζεται συμμόρφωση με τις απαιτήσεις της παρούσας, θα γίνονται οι απαραίτητες τροποποιήσεις στις παραμέτρους λειτουργίας του συρμού ανακύκλωσης και στις διαδικασίες διάστρωσης και συμπίκνωσης ή, αν κριθεί απαραίτητο, θα πρέπει να τροποποιηθεί η μελέτη σύνθεσης. Οι τροποποιήσεις αυτές θα ελέγχονται εκ νέου, με την κατασκευή πρόσθετου δοκιμαστικού τμήματος.

3.6. ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΣΤΡΩΣΗΣ - ΑΝΟΧΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΑΤΩΜΕΝΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

3.6.1 Γενικά

Δεν θα εκτελούνται εργασίες επιφανειακών ασφαλικών στρώσεων (ισοπεδωτική, αντιολισθηρή) πριν ελεγχθεί η υποκείμενη στρώση του ανακυκλωμένου υλικού ως προς την πυκνότητα, επιπεδότητα, τα υψόμετρα και τις κλίσεις και επικλίσεις που προβλέπονται από την μελέτη. Κάθε απόκλιση θα αποκαθίσταται σύμφωνα με τις αντίστοιχες προδιαγραφές, ώστε η στρώση εξ ανακύκλωση να βρίσκεται μέσα στα επιτρεπόμενα όρια ανοχών.

Η επιφάνεια της ανακυκλωμένης στρώσης δεν πρέπει να εμφανίζει:

- Επιφανειακές αποφλοιώσεις.
- Τμήματα με συσσωματώσεις λεπτόκοκκων ή χονδροκόκκων υλικών.
- Αυλακώσεις ή άλλες παραμορφώσεις που θα μπορούσαν να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην λειτουργία της στρώσης, και την ένταξη τους στο σύνολο του οδοστρώματος.

3.6.2 Ειδικές γεωμετρικές απαιτήσεις της επιφάνειας της ανακυκλωμένης στρώσης

Λόγω του ότι επί της ανακυκλωθείσας στρώσεις πρόκειται να διαστρωθούν φέρουσες ασφαλτικές στρώσεις, καθορίζονται, κατ' ελάχιστον, οι ακόλουθες απαιτήσεις (εάν δεν προβλέπεται διαφορετικά από την μελέτη του έργου):

1. Στάθμη

Η τελική επιφάνεια της στρώσης δεν πρέπει να παρουσιάζει αποκλίσεις, σε σχέση με τα θεωρητικά υψόμετρα, μεγαλύτερες από ± 20 mm, για το 90% των μετρήσεων, ενώ καμία μέτρηση δεν πρέπει να αποκλίνει περισσότερο από ± 25 mm. Ο ελάχιστος αριθμός των μετρήσεων ορίζεται σε 50 για κάθε περιοχή ανακύκλωσης και οι θέσεις και ο ακριβής αριθμός του υπόκεινται στην έγκριση της Υπηρεσίας.

2. Πυκνότητα χωροσταθμικών σημείων

α. Χωροσταθμικά σημεία ανά διατομή: Θα χωροσταθμούνται τα χαρακτηριστικά σημεία της πλήρους διατομής, όπως άκρα και θέσεις τελικών λωρίδων διαγράμμισης, καθώς και ενδιάμεσα σημεία ώστε η μέγιστη απόσταση μεταξύ τους στη διατομή να μην υπερβαίνει τα 5 m.

β. Μέγιστες αποστάσεις διατομών χωροσταθμικών ελέγχων: 10 m.

3. Ομαλότητα

Τοπικές ανωμαλίες ή κυματισμοί θα ελέγχονται με τον 4μετρο ευθύγραμμο πήχyu, παράλληλα και κάθετα προς τον άξονα της οδού.

Σε κάθε περίπτωση, μεταξύ της κάτω ακμής του πήχyu και της ελεγχόμενης επιφάνειας, οι κυματισμοί (κοιλότητες) δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 10 mm, ενώ η υψομετρική διαφορά μεταξύ δύο τυχαίων σημείων δεν πρέπει να αποκλίνει από την αντίστοιχη θεωρητική περισσότερο από 15 mm.

Οι μετρήσεις παράλληλα προς τον άξονα θα γίνονται κατά κανόνα στο μέσον του πλάτους κάθε λωρίδας κυκλοφορίας και στο μέσον του πλάτους της Λωρίδας Έκτακτης Ανάγκης (Λ.Ε.Α.), όπου υπάρχει.

Οι μετρήσεις κάθετα προς τον άξονα θα γίνονται σε διατομές απέχουσες μεταξύ τους το πολύ 10,0 m.

Η εφαρμογή του 4μετρου πήχyu θα γίνεται στα τμήματα εκείνα στα οποία υπάρχει υποψία διακυμάνσεων μεγαλύτερων από τις επιτρεπόμενες.

4. Πάχος ανακυκλωμένης στρώσης

Το πάχος D της στρώσης, δεν θα υπολείπεται του θεωρητικού, περισσότερο από 20 mm, για το 90% των μετρήσεων, ενώ καμία μέτρηση δεν θα υπολείπεται πέραν των 30 mm. Ο ελάχιστος αριθμός των μετρήσεων ορίζεται σε 20 και οι θέσεις και ο ακριβής αριθμός τους υπόκεινται στην έγκριση της Υπηρεσίας.

Γενικώς, ο μέσος όρος όλων των μετρήσεων πρέπει να πληροί την σχέση:

$$D_{\text{μέσο}} \geq D_{\text{θεωρ}} - (D_{\text{θεωρ}} / 20)$$

3.7. ΚΑΙΡΙΚΟΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Η ανακυκλωμένη στρώση, θα κατασκευάζεται όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος υπό σκιά είναι μεγαλύτερη των 5 °C και δεν υπάρχει ενδεχόμενο παγετού. Αν η θερμοκρασία περιβάλλοντος έχει τάση να πέσει κάτω από 10 °C, μόνο εργασίες αποπεράτωσης και συμπίκνωσης θα επιτρέπονται.

Δεν θα πρέπει να γίνεται έναρξη εργασιών αν ο καιρός είναι υγρός ή βρέχει ή κι' ακόμη αν υπάρχει πιθανότητα τέτοιων συνθηκών πριν αποπερατωθεί πλήρως η προγραμματισμένη προς επεξεργασία επιφάνεια.

4. ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

4.1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΛΕΓΧΩΝ

Οι έλεγχοι αφορούν:

- Τα ενσωματούμενα υλικά: ασφάλτος, τσιμέντο κλπ. πρόσμικτα ή πρόσθετα.
- Τις αναλογίες και την παρασκευή του μίγματος: Έλεγχος επίτευξης των προβλεπόμενων, από τις μελέτες σύνθεσης και αντοχής οδοστρώματος, τιμών ορισμένων χαρακτηριστικών παραμέτρων, (όπως έμμεση διατμητική τάση, συντελεστής ακαμψίας, παραμορφώσεις, κλπ.).
- Την επιφάνεια έδρασης.
- Την διάστρωση.
- Την συμπύκνωση.
- Την συντήρηση.
- Την γεωμετρική ακρίβεια της στρώσης (ανοχές).

4.2. ΕΛΕΓΧΟΙ ΥΛΙΚΩΝ

4.2.1 Σκοπός

Επαλήθευση ότι τα προς χρήση υλικά, πληρούν τις απαιτήσεις της παρούσας, τόσο στον τόπο προέλευσης όσο και στον τόπο χρήσης, ώστε να αποφεύγονται οι αλλοιώσεις που είναι δυνατό να συμβούν ως συνέπεια των εργασιών φόρτωσης, μεταφοράς και εκφόρτωσης.

4.2.2 Διαδικασία

Στον τόπο παραλαβής

Λήψη αντιπροσωπευτικών δειγμάτων ασφάλτου, σύμφωνα με τις υποδείξεις της Υπηρεσίας, στα οποία θα γίνονται οι δοκιμές διεϊσδυσης:

- Πριν από την έναρξη των εργασιών και εφόσον υπάρχει υποψία διακυμάνσεων των χαρακτηριστικών του υλικού.
- Ανά δύο παραλαμβανόμενα βυτία (περίπου 50 ton) ασφάλτου, ή, αν χρησιμοποιείται μικρότερη ποσότητα, μία φορά την ημέρα.

Ερμηνεία αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα των δοκιμών πρέπει να συμφωνούν με τις απαιτήσεις της παρούσας προδιαγραφής (Ασφάλτος 50/70).

4.2.3 Έλεγχος Ανακυκλούμενου υλικού

Σκοπός

Επαλήθευση ότι τα υλικά που ενσωματώνονται στο έργο, αναμιγνύονται στις καθοριζόμενες από την μελέτη συνθέσεως αναλογίες και επιτυγχάνονται οι τιμές των παραμέτρων που έχουν ληφθεί υπόψη στη μελέτη αντοχής του οδοστρώματος.

Διαδικασία και ερμηνεία των αποτελεσμάτων

Επαλήθευση των παραμέτρων του μίγματος, ανά 2.500 m² διαστρωνομένου υλικού ή μία φορά ημερησίως (αν η παραγωγή είναι μικρότερη), με λήψη 20 kg μίγματος από τυχαίες θέσεις πίσω από το συρμό ανακύκλωσης (πριν τη συμπύκνωση).

Το δείγμα θα σφραγίζεται για να διατηρηθεί η αρχική υγρασία του στο πεδίο. Θα παρασκευάζονται έξι (6) πυρήνες Marshall από το κάθε δείγμα για να ελεγχθεί η έμμεση διατμητική τάση (ITS) του υλικού και να συγκριθεί με την προσδοκώμενη από τις μελέτες σύνθεσης και αντοχής.

Οι τρεις από τους εν λόγω πυρήνες θα χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της ξηράς ITS, ενώ οι λοιποί πυρήνες μπορούν, όπου απαιτείται, να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό της υγρής ITS. Οι προσδιοριζόμενες από τα ανωτέρω δείγματα τιμές δεν επιτρέπεται να υπολείπονται περισσότερο από 15% των αντιστοίχων της μελέτης σύνθεσης του σταθεροποιημένου υλικού.

Η υγρασία των δειγμάτων πρέπει να ρυθμίζεται στο εργαστήριο στο 70% της βέλτιστης υγρασίας, που καθορίστηκε κατά την διάρκεια της μελέτης σύνθεσης.

Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά, οι ελάχιστοι έλεγχοι που απαιτούνται για την διασφάλιση της ποιότητας των επιτόπου ανακυκλούμενων στρώσεων με αφρώδη ασφαλτο.

ΕΙΔΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΜΕΘΟΔΟΣ	ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	ΤΙΜΕΣ
Χαρακτηριστικά διόγκωσης ασφάλτου	Οπτική	Σε κάθε παραλαμβανόμενο βυτίο	1 lt	-
Συμπύκνωση	EN 13286-2	Ανά 2.500 m ²	20 kg για δημιουργία 6 δοκιμών	97% ή ότι προβλέπει η ειδική μελέτη
Σχέση πυκνότητας - υγρασίας	ISO/TS 17892-1:2004	Ως ανωτέρω	3 τεμ.	Σύμφωνα με την μελέτη σύνθεσης
ITS	EN 12697-23	Ως ανωτέρω	3 τεμ.	>250 kPa, σε ξηρό δείγμα

Δειγματοληψίες ποιοτικού ελέγχου κατασκευασμένης στρώσης με υλικά ανακύκλωσης

Ανά 5000 m² κατασκευαζόμενης στρώσης θα αποκόπτονται από τυχαίες θέσεις 5 πυρήνες και θα προσδιορίζονται:

- α. το πάχος στρώσης.
- β. το φαινόμενο βάρος και ποσοστό κενών.
- γ. το ποσοστό ασφάλτου (EN 12697-1, EN 933-2), κατά την κρίση της Υπηρεσίας.

Βαθμός συμπύκνωσης

Ο μέσος όρος των φαινομένων βαρών των 5 πυρήνων συμπυκνωμένης ανακυκλωμένης στρώσης **δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερος του προσδιοριζόμενου από την ειδική μελέτη ποσοστού συμπύκνωσης** και σε καμία περίπτωση μικρότερος από 97% του φαινομένου βάρους, που προσδιορίζεται εργαστηριακά κατά την τροποποιημένη μέθοδο Proctor.

Κανένας μεμονωμένος πυρήνας δεν πρέπει να έχει φαινόμενο βάρος μικρότερο του 95% της τροποποιημένης δοκιμής Proctor. Επιπρόσθετα η επιτυγχανόμενη συμπύκνωση στο κατώτερο 1/3 του πάχους της στρώσης δεν επιτρέπεται να υπολείπεται του 2%, του μέσου όρου του βαθμού συμπύκνωσης των ανωτέρω πυρήνων.

Ποσοστό ασφάλτου

Οι έλεγχοι ποσοστού ασφάλτου θα γίνονται σε δύο από τους 5 πυρήνες κατά τις υποδείξεις της Υπηρεσίας.

Η Υπηρεσία μπορεί κατά την κρίση της να περιορίσει τις απαιτούμενες δοκιμές προσδιορισμού του ποσοστού ασφάλτου, εφόσον τα αποτελέσματα έχουν ικανοποιητική ομοιομορφία.

Πυρηνικές μέθοδοι ελέγχου

Το φαινόμενο βάρος, το ποσοστό των κενών και το ποσοστό της ασφάλτου μπορούν να προσδιορίζονται και με πυρηνικές μεθόδους, εφόσον είναι διαθέσιμα τα απαραίτητα όργανα και υπάρχει αποδεδειγμένη εμπειρία χρήσης τους (επιβεβαίωση αποτελεσμάτων πυρηνικών μετρήσεων σε σύγκριση με αυτά των συμβατικών μεθόδων κατά την κατασκευή των πιλοτικών τμημάτων). Σε περιπτώσεις χρησιμοποίησης συσκευών με ραδιενεργά ισότοπα ο αριθμός των ελέγχων πρέπει να διπλασιασθεί.

4.2.4 Γεωμετρικός Έλεγχος

Σκοπός

Έλεγχος συμμόρφωσης με τις απαιτήσεις επιπεδότητας και ακρίβειας υψομέτρων, κλίσεων και επικλίσεων.

Διαδικασία

Θα ελέγχεται ο άξονας, με μετρήσεις ανά 10 m στις ευθυγραμμίσεις και επί πλέον στα χαρακτηριστικά σημεία των καμπυλών με πασσάλους υψομετρημένους με ακρίβεια χιλιοστού. Στα σημεία αυτά θα ελέγχεται το πλάτος και η εγκάρσια κλίση με τοποθέτηση πασσάλων στα άκρα της διατομής.

Θα ελέγχεται εάν παρουσιάζονται αποκλίσεις στο πλάτος, τη μηκοτομή, ή την εγκάρσια κλίση και θα εφαρμόζεται ο 4μετρος πήχης όπου υπάρχει υποψία διακυμάνσεων μεγαλύτερων των αποδεκτών.

Ερμηνεία των αποτελεσμάτων

Θα γίνονται αποδεκτές οι διατομές που πληρούν τις απαιτήσεις επιπεδότητας και ακρίβειας υψομέτρων, κλίσεων και επικλίσεων που προβλέπονται από την Μελέτη του Έργου.

Οι ανωμαλίες που υπερβαίνουν τις ανοχές, θα επισκευάζονται από τον Ανάδοχο, σύμφωνα με τις υποδείξεις της Υπηρεσίας και στην συνέχεια θα επαναλαμβάνονται οι έλεγχοι πυκνότητας και οι γεωμετρικοί έλεγχοι.

5. ΤΡΟΠΟΣ ΕΠΙΜΕΤΡΗΣΗΣ

Η επιμέτρηση θα γίνεται ανά τετραγωνικό μέτρο (m²) πλήρους κατασκευής (εργασία και υλικά) σύμφωνα με τους όρους της παρούσας και βάσει των αναφερομένων ελέγχων του πάχους της στρώσης.

Οι εργασίες ψυχρής ανακύκλωσης με αφρώδη ασφαλτο κατηγοριοποιούνται ως προς το μέσο πάχος κατασκευαζόμενης στρώσης:

- α. Ανακυκλούμενη στρώση μέσου πάχους έως 20 cm.
- β. Ανακυκλούμενη στρώση μέσου πάχους 21-25 cm.
- γ. Ανακυκλούμενη στρώση μέσου πάχους 26-30 cm.

Εναλλακτικώς η εργασία μπορεί να επιμετρηθεί ανά κυβικό μέτρο (m^3) ανακυκλωμένης σύμφωνα με την παρούσα και αποδεκτή από την Υπηρεσία στρώσης.

Τα πρόσθετα ενσωματούμενα υλικά (αδρανή, άσφαλτος και τσιμέντο) θα επιμετρώνται ιδιαίτερος με βάση τις αναλογίες που προβλέπονται στην εγκεκριμένη μελέτη συνθέσεως.

Υπάρχει επίσης η δυνατότητα εφαρμογής συνεπτυγμένων άρθρων κατά m^2 ή m^3 πλήρως αποπερατωμένων στρώσεων (ανακύκλωση, προσθήκη υλικών, ανάμιξη, διάστρωση, συμπύκνωση, συντήρηση, μεταφορικό έργο κλπ).