

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**  
**«Οδοστρώματα μακράς διάρκειας»**

**ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ: ΑΝΔΡΕΑΣ ΖΑΧΑΡΑΚΗΣ**

**ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΧΑΜΠΙΜΠΗΣ**

**ΜΙΧΑΗΛ ΜΠΕΚΟΣ**

**ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΑΡΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ**

**ΠΑΤΡΑ - 2013**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Με το πέρας των εξαμήνων και φτάνοντας προς το τέλος της φοιτητικής μας διαδρομής, καλούμαστε να παραδώσουμε την Πτυχιακή μας εργασία. Η επιλογή του θέματος δεν ήταν καθόλου εύκολη και η διαδικασία εύρεσης της ήταν αρκετά επώδυνη αλλά και εξαιρετικά ενδιαφέρον διότι η αναζήτηση αυτή μας άνοιξε έναν καινούργιο κόσμο πληροφοριών και διαδικασιών που μέχρι πρότινος αδιαφορούσαμε.

Για τον ρόλο του επόπτη της πτυχιακής επιλέξαμε τον καθηγητή μας, τον κύριο Σαραντόπουλο , διδάσκον στα μαθήματα της Τοπογραφίας και εδαφομηχανικής.

Η επιλογή του θέματος της πτυχιακής τελικά αποφασιστικέ ένεκα του ιδιαίτερου ενδιαφέροντος μας προς τα μαθήματα της οδοποιίας ως επιστήμη και της επαγγελματικής αποκατάστασης που υπάρχει στην αγορά εργασίας .

Σε αυτό το σημείο θέλουμε να ευχαριστήσουμε όλους τους καθηγητές μας, μόνιμους και εργαστηριακούς , που ο καθένας ξεχωριστά μας έδωσε ένα εφόδιο για να καταφέρουμε να γίνουμε άξιοι μηχανικοί και ανταγωνίσιμοι στην αγορά εργασίας .

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της Πτυχιακής εργασίας είναι η παρουσίαση (α) της μεθόδου , (β) του σχεδιασμού και (γ) των σταδίων της κατασκευής οδοστρωμάτων μακράς διάρκειας.

Στην πτυχιακή εργασία έχουμε προσπαθήσει να εντάξουμε όλα τα απαραίτητα στοιχεία για την πλήρη κατανόηση του θέματος. Δεδομένου των κακών κατασκευών που βλέπουμε στην Ελληνική πραγματικότητα είναι επιτακτική ανάγκη οι νέοι μηχανικοί να έχουν τις γνώσεις και την θέληση να παραδώσουν έργα υψηλής ποιότητας κατασκευής με αντοχή στον χρόνο.

Η πτυχιακή εργασία εμπεριέχει τα εξής στοιχεία : τι είναι οδόστρωμα, ποιες κατηγορίες οδοστρωμάτων υπάρχουν, πως υπολογίζεται το πάχος των οδοστρωμάτων και η κατασκευή – σχεδιασμός – υλικά κατασκευής οδοστρωμάτων μακράς διάρκειας. Επίσης αναφερόμαστε στις φθορές και στην συντήρηση των οδοστρωμάτων .

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	3
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ .....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	6
1.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ.....	6
1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΥΚΑΜΠΤΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ .....	12
1.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΧΟΥΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ .....	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	43
2.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΜΑΚΡΑΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ.....	43
2.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΜΑΚΡΑΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ .....	46
2.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΜΑΚΡΑΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΜΕ ΚΟΙΝΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ .....	54
2.4 ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΜΑΚΡΑΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ .....	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	60
3.1 ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ «ECOLANES” .....	60
3.2 ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΡΓΩΝ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ .....	70
3.3 ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΡΗ ΣΤΡΩΣΗ ΑΣΦΑΛΤΙΚΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ .....	94
3.4 ΦΘΟΡΕΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΡΓΩΝ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ .....	108
3.5 ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΗ ΣΥΝΤΗΡΙΣΗ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ-ΔΡΟΜΩΝ.....	132
3.6 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ .....	140

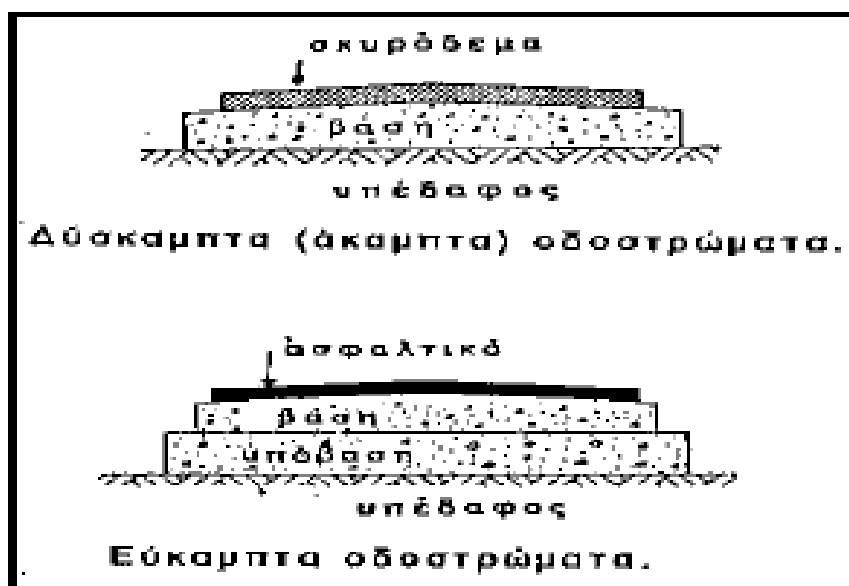
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	143
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	145

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.

## 1.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ

Οδοστρώμα ονομάζεται το σύνολο των επαλλήλων στρώσεων που είναι τοποθετημένες πάνω από το φυσικό έδαφος για τη δημιουργία της οδού. Είναι μια σύνθετη κατασκευή που επιτελεί διάφορες λειτουργίες ανάμοιες μεταξύ τους, έχει δε να διανέμει τις πιέσεις από τα φορτία της κυκλοφορίας έτσι ώστε η καταπόνηση του εδάφους θεμελίωσης να μην υπερβαίνει τα όρια. Ανάλογα με την ελαστικότητα τους τα οδοστρώματα διακρίνονται στα δύσκαμπτα και στα εύκαμπτα.

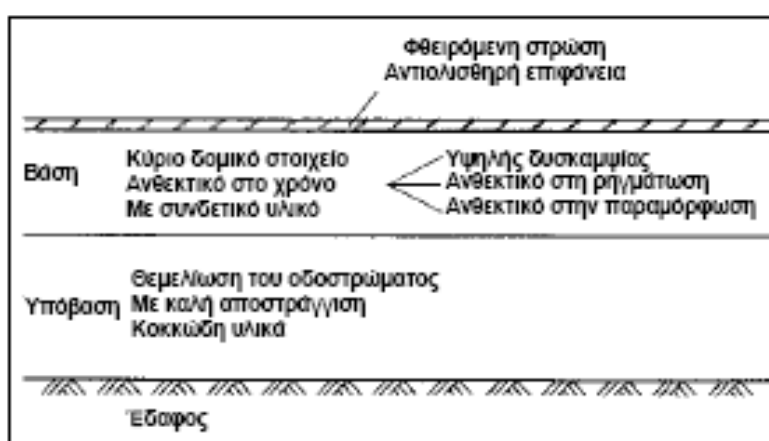
**Δύσκαμπτα οδοστρώματα.** Παρουσιάζουν μεγάλη ακαμψία και κατασκευάζονται σχεδόν κατ' αποκλειστικότητα από σκυρόδεμα. Λόγω της μεγάλης ακαμψίας που διαθέτουν, οι τοπικές καθιζήσεις που πιθανόν να εμφανισθούν κάτω από αυτά δεν αντανακλώνται στην επιφάνεια κύλισης. Τα οδοστρώματα αυτά δεν έχουν ευρεία εφαρμογή στη Δασική πράξη, χαρακτηρίζονται όμως από τη μεγάλη διάρκεια ζωής, την μη ολισθηρή επιφάνεια, την ομοιόμορφη διανομή των φορτίων κυκλοφορίας και την ελάχιστη



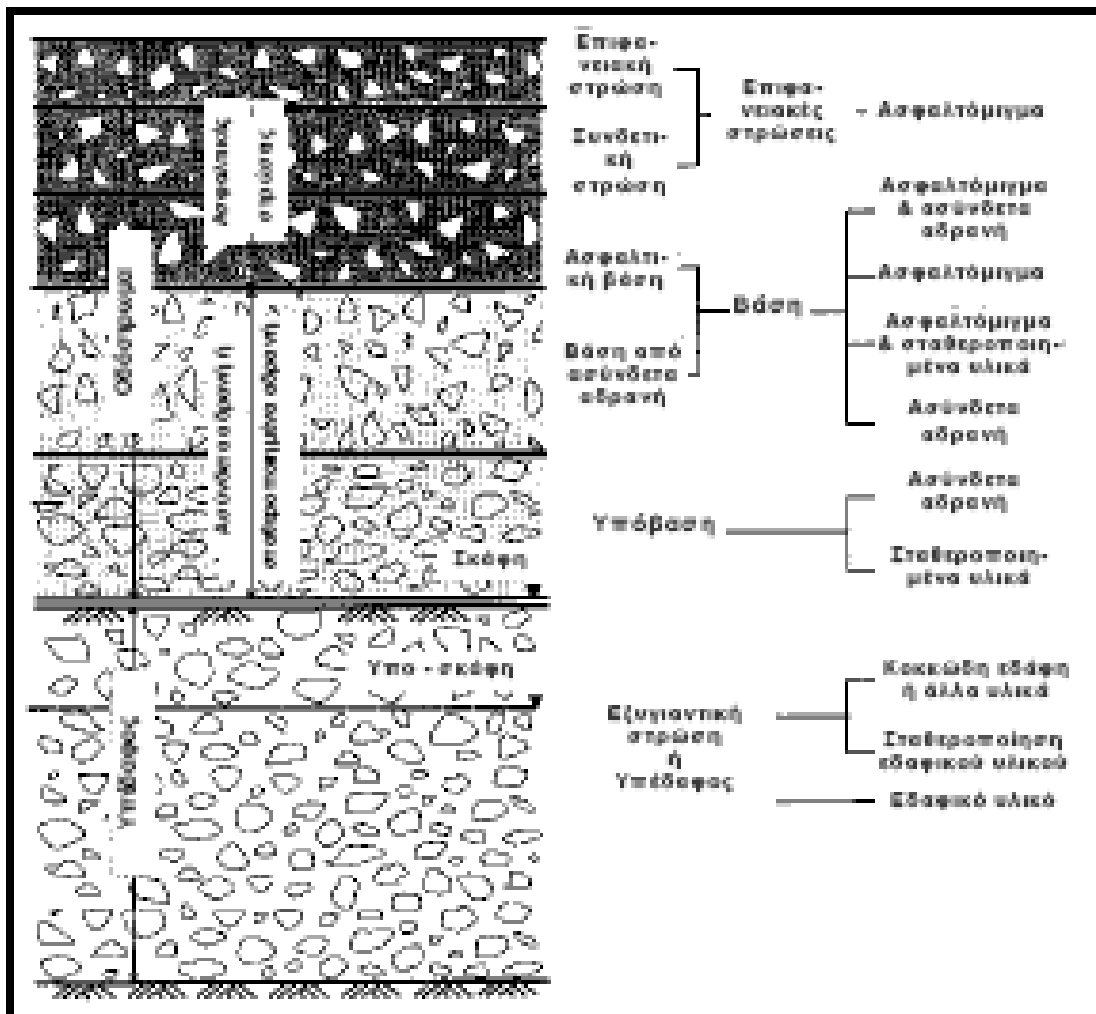
Εικόνα 1. Διατομές δύσκαμπτων (άκαμπτων) και εύκαμπτων οδοστρωμάτων (κατά Σαββίδη)

δαπάνη συντήρησης. Αντίθετα μειονεκτούν λόγω έλλειψης ελαστικότητας και συμπαγής επιφάνειας καθώς επίσης και από την αρνητική επίδραση των μεταβολών της θερμοκρασίας. Τα οδοστρώματα από σκυρόδεμα έχουν τύχει μιας σημαντικής εφαρμογής σε διάφορες χώρες. Στην Ελλάδα έχουν γίνει λίγες παρεμβάσεις μέχρι σήμερα, σε μικρά τμήματα δρόμων, εθνικής ή δασικής οδοποιίας, σε ανωφέρειες όπου δεν είναι δυνατόν να διαστρωθεί το θερμό ασφαλτόμιγμα και ορισμένες φορές σε γέφυρες .

**Εύκαμπτα οδοστρώματα.** Η μεταφορά των φορτίων στο έδαφος γίνεται διαμέσου των στρώσεων του (εικόνα 2). Κατασκευαστικά το εύκαμπτο οδόστρωμα διακρίνεται σε τρεις ομάδες στρώσεων την υπόβαση, τη βάση και την επιφανειακή στρώση (ή στρώσεις). Κάτω από ειδικές συνθήκες μπορεί να κατασκευασθεί και μια εξυγιαντική στρώση μεταξύ του υπεδάφους και της υπόβασης όταν έχουμε πολύ ασθενές υπέδαφος. Το ολικό πάχος του εύκαμπτου οδοστρώματος πρέπει να είναι τόσο, ώστε οι δυνάμεις που μεταβιβάζονται σε μεγαλύτερη συνεχώς επιφάνεια να μειωθούν μέχρι να γίνουν ανεκτές από το έδαφος έδρασης του οδοστρώματος. Οι Brown και Barksdale (1987) διακρίνουν ουσιαστικά τρία βασικά στοιχεία σε ένα εύκαμπτο οδόστρωμα, με βάση την νεότερη θεώρηση της δομής και λειτουργίας του οδοστρώματος 1) τη φθειρόμενη (επιφανειακή) στρώση, 2) το κύριο δομικό στοιχείο (βάση), 3) τη θεμελίωση του οδοστρώματος (υπόβαση). Η ανωτέρω διάταξη ονομάστηκε «ιδανικό» οδόστρωμα (εικόνα 2) .



Εικόνα 2. Τυπική διατομή «ιδανικού» οδοστρώματος (κατά Brown και Barksdale)



Εικόνα 3. Τυπική κατασκευαστική διατομή εύκαμπτου οδοστρώματος (κατά Νικολαΐδη)

Σαν ασφαλτικό υλικό για τις διάφορες επαλείψεις χρησιμοποιούνται ασφαλτικά γαλακτώματα ή ασφαλτικά διαλύματα ή καθαρή ασφαλτος.

Στα εύκαμπτα οδοστρώματα οι στρώσεις της βάσης και υπόβασης κατασκευάζονται διότι αυξάνουν τη φέρουσα ικανότητα, συντελούν στην αποστράγγιση, αποτρέπουν την άνοδο του νερού λόγω τριχοειδών, προσθέτουν προστασία από τον παγετό και βοηθούν στην κατανομή των φορτίων με το σύστημα των στρώσεων .

Οι κυριότεροι παράγοντες για τον υπολογισμό του πάχους των εύκαμπτων οδοστρωμάτων είναι η φύση του εδάφους έδρασης του οδοστρώματος, ο κυκλοφοριακός φόρτος, οι κλιματολογικές συνθήκες και τα διαθέσιμα υλικά.



Η **υπόβαση** είναι η πρώτη στρώση που κατασκευάζεται από τον οδοποιό, όταν αυτή κρίνεται αναγκαία, επάνω στο υπέδαφος ή την εξυγιαντική στρώση και η κατασκευή της εξυπηρετεί την μεταβίβαση των φορτίων της κίνησης των οχημάτων στο υπέδαφος και βοηθάει στην άνετη κυκλοφορία των μηχανημάτων έργου στο οδόστρωμα. Ακόμη χρησιμεύει ως αντιπαγετική προστατευτική στρώση σε περίπτωση που το έδαφος της περιοχής είναι παγοπληκτικό, προστατεύει τα υλικά της βάσης από «μόλυνσή» τους από το εδαφικό υλικό (άργιλος, ιλύς, οργανικά υλικά κλπ.) και τέλος λειτουργεί ως στρώση αποστράγγισης των υδάτων που πιθανόν να διαπεράσουν τις υπερκείμενες στρώσεις προστατεύοντας το υπέδαφος από διάβρωση (Νικολαΐδης Α., 1996).

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή της υπόβασης πρέπει να είναι κατάλληλα, ανάλογα με την κάθε περιοχή από οικονομικής και ανθεκτικής πλευράς. Συνήθως επιλέγονται κοκκώδη υλικά (αμμοχάλικα) προερχόμενα από φυσικές πηγές ή από λατομεία της εκάστοτε περιοχής κατασκευής της οδού, τα οποία πληρούν την Π.Τ.Π. 0 – 150 (Πρότυπος Τεχνική Προδιαγραφή 0 – 150, 1966) . Αν διαπιστωθεί ότι η υπόβαση δεν επαρκεί για την αντοχή του οδοστρώματος τότε κατασκευάζεται και μια εξυγιαντική στρώση, από κοκκώδη εδαφικά υλικά ή σταθεροποιείται με τσιμέντο ή ασβέστη. Εξυγιαντική στρώση συνήθως χρησιμοποιείται όταν το CBR του υπεδάφους είναι μικρότερο του 5%, ενώ όταν το CBR είναι μικρότερο του 2,5%, τότε είναι απολύτως απαραίτητη η κατασκευή της.

Η **βάση** είναι η βασικότερη στρώση ενός εύκαμπτου οδοστρώματος από τη σκοπιά της δομής του είναι η βάση η οποία κατασκευάζεται μεταξύ της υπόβασης και των επιφανειακών στρώσεων .

Οι λειτουργίες που επιτελεί είναι να παραλαμβάνει και να κατανέμει τα φορτία της κυκλοφορίας στις υποκείμενες στρώσεις, να παρέχει στο οδόστρωμα τη δυσκαμψία και την αντοχή αυτού στην κόπωση, να μειώνει τις κάθετες θλιπτικές τάσεις που εξασκούνται στο υπέδαφος σε τέτοιο βαθμό ώστε να μπορούν να ληφθούν από τη φέρουσα ικανότητα του υπεδάφους για να μην προκαλούν μεγάλες παραμορφώσεις. Οι στρώσεις της βάσης από ασύνδετα ή σταθεροποιημένα αδρανή βοηθούν στη συμπύκνωση των υπερκείμενων ασφαλικών στρώσεων. Στη σύγχρονη δασική οδοποιία κύριος στόχος είναι η κατασκευή ανθεκτικών και οικονομικών βάσεων με διάφορα

δομικά υλικά, με ή χωρίς συνδετικά μέσα, που πληρούν την Π.Τ.Π. 0 – 155, (1966), όπως ο ασβέστης και το τσιμέντο. Για την οικονομικότητα του έργου έχουν γίνει πολλές κατασκευές με εναλλακτικά δομικά υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή βάσεων οδοστρωμάτων τα οποία είναι:

- 1) Σκωρία σκουπιδιών μετά από καύση = σκωρία, μεταλλικά, γυάλινα και κεραμικά συστατικά, καθώς και ιπτάμενη τέφρα.
- 2) Γεωυφάσματα = διαθέτουν μηχανικές και υδραυλικές ιδιότητες ανάλογες του οπλισμένου σκυροδέματος. Βασικές του λειτουργίες είναι η ενίσχυση της αντοχής και της παραμορφωσιμότητας, ο διαχωρισμός, το φιλτράρισμα και η αποστράγγιση (Στεργιάδης Χ., 2000).
- 3) Τέφρα ή τέφρες ηλεκτροπαραγωγών σταθμών, η τεφροκονία: Όταν αντικαθιστά το τσιμέντο ή τον ασβέστη σε ποσοστό από 17 έως 50% μειώνεται σημαντικά η πλαστικότητα των εδαφών και ακόμη μειώνονται τα φορτία που μεταβιβάζονται στην επιφάνεια έδρασης των επιχωμάτων (Geotechnical special publication Number 79, 1998)
- 4) Σκωρίες χαλυβουργείου = χρησιμοποίηση χωρίς περαιτέρω επεξεργασία σαν υλικό για επιχωμάτωση. Μίγμα σκωρίας με τέφρα χρησιμοποιείται για την υποδομή και την ανωδομή δρόμων.
- 5) Ερυθρά ιλύς = Ανάμειξη της με φυσικό έδαφος παρατηρήθηκε με αύξηση της μηχανικής αντοχής του εδάφους. Η αύξηση είναι μεγαλύτερη σε μίγματα 50% εδάφους και 50% ερυθρά ιλύς.
- 6) Οικοδομικά απορρίμματα (μπάζα) (Geotechnical special publication Number 79, 1998)
- 7) Γυαλί
- 8) Ελαστικά οχημάτων (Geotechnical special publication Number 79, 1998)
- 9) Μολυσματικά απόβλητα ως υλικά οδοστρώματος (Geotechnical special publication Number 79, 1998)
- 10) Ανακύκλωση των ιδίων υλικών = Οικονομία του έργου
- 11) Παραπροϊόντα ορυχείων
- 12) Απορρίμματα και τέφρα καύσης τους
- 13) Παραπροϊόντα χημικών /ΤΤ1 βιομηχανιών
- 14) Προϊόντα κατεδαφίσεων οδών
- 15) Υπολείμματα εγκαταστάσεων παραγωγής τσιμέντων.

Η κατασκευή της **επιφανειακής στρώσης** στο οδόστρωμα χρησιμεύει στο να παρέχει μια λεία και ασφαλή επιφάνεια κυκλοφορίας, να είναι αντιολισθητική, να παρουσιάζει αντοχή σε ρηγματώσεις λόγω των φορτίων που κυκλοφορούν, να αντιστέκεται στις μόνιμες παραμορφώσεις (Yoder E. – Witczak M., 1987), να συνεισφέρει στην αντοχή του οδοστρώματος και τέλος να είναι όσο το δυνατόν μη διαπερατή από το νερό έτσι ώστε να μην επιτρέπεται η διείσδυσή του στις υποκείμενες στρώσεις (ασφαλτικές επιφανειακές στρώσεις) (Νικολαΐδης Α., 1996).

## 1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΥΚΑΜΠΤΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Τα εύκαμπτα οδοστρώματα χωρίζονται στις πέντε ακόλουθες κατηγορίες.

### Ασφαλτικά οδοστρώματα

Στην οδοποιία τα ασφαλτικά υλικά που χρησιμοποιούνται είναι υδρογονανθρακούχα υλικά φυσικής ή πυρογενούς προέλευσης, τα οποία έχουν συγκολλητικό χαρακτήρα. Στα υδρογονανθρακούχα αυτά υλικά περιλαμβάνεται η άσφαλτος και η πίσσα. Η άσφαλτος για να διατηρεί τις συνδετικές της ιδιότητες πρέπει να παραμένει πλαστική. Σε περιοχές με ψυχρό κλίμα χρησιμοποιείται μαλακή άσφαλτος για την οδοστρωσία ενώ σε θερμότερες περιοχές χρησιμοποιείται σχετικά σκληρή άσφαλτος. Η άσφαλτος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμη σε μορφή διαλύματος ή γαλακτώματος .

Τα ασφαλτικά οδοστρώματα αποτελούνται από θραυστό υλικό λατομείου αναμιγμένο με ασφαλτικό υλικό το οποίο σταθεροποιείται με συμπίκνωση με τη βοήθεια οδοστρωτήρα .Στην Ελλάδα ο τύπος που χρησιμοποιείται για την κατασκευή στρώσεων κυκλοφορίας είναι το ασφαλτικό σκυρόδεμα κλειστού τύπου .

### Κυκλοφοριόπηκτα οδοστρώματα

Τα κυκλοφοριόπηκτα οδοστρώματα περιλαμβάνουν την κατασκευή της στρώσης κυκλοφορίας χωρίς ασφαλική επάλειψη. Κατασκευάζονται σε μία ή δύο στρώσεις σύμφωνα με την Π.Τ.Π.- 0184. Οι στρώσεις μπορεί να εφαρμόζονται ως αυτοδύναμο οδοστρωμα επιφανειών κυκλοφορίας σε μικρού μήκους και πλάτους οδοστρώματα, όπου δεν ενδείκνυται η χρησιμοποίηση οδοστρωτήρων, λόγω της μικρής έκτασης του έργου ή της φύσεως αυτού ή της θέσεώς του .

Από τη σκοπιά της εξυπηρέτησης της κυκλοφορίας στην οδό, τα κυκλοφοριόπηκτα οδοστρώματα κατατάσσονται μαζί με τα οδοστρώματα με ασφαλική επάλειψη και επιπλέον είναι και πιο οικονομικά στην κατασκευή τους.

### **Σκυρωτά οδοστρώματα**

Στην κατηγορία των σκυρωτών οδοστρωμάτων ανήκουν τα:

#### **1) Τα υδατόπηκτα σκυρωτά**

Το οδόστρωμα αυτό χρησιμοποιείται ως βάση και αποτελείται από σκύρα και θραυστά συντρίμια. Μπορεί να εδράζεται στο υπέδαφος ή υπόβαση ή σε σταθεροποιημένη βάση.

Όταν εδράζεται στο υπέδαφος δεν χρειάζεται να κατασκευαστεί υπόβαση (καθαρό βραχώδες ή αμμοχαλικώδες υπέδαφος). Το σκυρωτό δεν αποτελεί στρώση κυκλοφορίας και έτσι θα πρέπει να προστατεύεται με ασφαλική στρώση κυκλοφορίας. Η κατασκευή του θα πρέπει να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της ΠΤΠ - 0180.

#### **2) Τα εμποτισμένα σκυρωτά με τσιμέντο**

Στο οδόστρωμα αυτό χρησιμοποιείται ως συνδετική ύλη μίγμα τσιμέντου, άμμου και νερού. Αποτελείται από μια στρώση αδρανών υλικών (καθαρών και σκληρών) με διαστάσεις 2,5 - 7,5 cm τα οποία διαστρώνονται στη σκάφη ή στη θεμελίωση. Το μίγμα (τσιμεντοκονία) εκτοξεύεται στο οδόστρωμα από την αντλία του αναμικτήρα.

Τα εμποτισμένα σκυρωτά με τσιμέντο οδοστρώματα χρησιμοποιούνται για στρώσεις βάσης. Το πάχος της σε περίπτωση ελαφρής κυκλοφορίας είναι 10 cm ενώ σε μέση κυκλοφορία το πάχος ανεβαίνει στα 12 cm.

### **Ανασφάλτιστα κυλινδρούμενα οδοστρώματα**

Το οδόστρωμα αυτό κατασκευάζεται χωρίς ασφαλτο στην στρώση κυκλοφορίας του αφού προηγουμένως προετοιμάζεται η επιφάνεια εδράσεως του με διάφορα αδρανή υλικά σταθεροποιημένου τύπου όπως είναι θραυστά ή φυσικά αμμοχάλικα ή αργιλοαμμώδη εδάφη. Το οδόστρωμα αυτό κατασκευάζεται σε μία ή δύο στρώσεις σύμφωνα με την πρότυπη τεχνική προδιαγραφή του ΥΠΕΧΩΔΕ ΠΤΠ - 0182. Οι στρώσεις μπορεί να εφαρμόζονται είτε ως αυτοδύναμο οδόστρωμα (ελαφρά κυκλοφορία

οχημάτων) είτε ως καλή υποδομή για την έδραση υπερκείμενων στρώσεων οδοστρώματος.

### **Σταθεροποιημένα οδοστρώματα με διάφορα υλικά**

Κάθε μηχανική, φυσική, ή φυσικοχημική επεξεργασία που χρησιμοποιείται για την βελτίωση των μηχανικών και γεωτεχνικών ιδιοτήτων των εδαφών ορίζεται ως «σταθεροποίηση του εδάφους». Στο γενικό αυτό ορισμό περιλαμβάνονται όλα τα είδη σταθεροποίησης όπως με συμπίκνωση, μηχανική σταθεροποίηση με ανάμιξη υλικών, χημική σταθεροποίηση, θερμικές και ηλεκτρικές επεξεργασίες κλπ. Στην οδοποιία ορίζουμε σαν «σταθεροποίηση» την επεξεργασία του εδαφικού υλικού με άλλα εδαφικά ή πρόσθετα υλικά που ονομάζονται σταθεροποιητές έτσι ώστε η στρώση που θα δημιουργηθεί να έχει αυξημένη ευστάθεια (μικρή παραμόρφωση από τα φορτία κυκλοφορίας και από τις καιρικές συνθήκες).

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των μεθόδων σταθεροποίησης είναι ότι έχουμε τη δυνατότητα χρησιμοποίησης υλικών, που στη φυσική τους κατάσταση θα ήταν ακατάλληλα για έργα οδοποιίας (εικόνα 4).

Είδος σταθεροποιήσεως	Επηρεαζόμενες εδαφικές ιδιότητες	Αποτελέσματα της σταθεροποίησης	Θέση σταθεροποιημένης στρώσεως στο οδόστρωμα
Μηχανική Σταθεροποίηση	1. Κοκκομετρική διαβάθμιση 2. Πλαστικότητα 3. Περιεχόμενη υγρασία	Βελτίωση της ικανότητας για συμπίκνωση και άλλων ιδιοτήτων του μείγματος που, εξαρτώνται από τις αρχικές ιδιότητες των αναμειχθέντων υλικών.	Βάση – Υπόβαση (Ανεπαρκής ως βάση οδών βαρείας κυκλοφορίας)
Σταθεροποίηση δι' άσβεστου	1. Περιεχόμενη υγρασία 2. Όρια ATTERBERG 3. Δομή του εδάφους 4. Αντοχή	Δυνατότητα συμπίκνωσης με αυξημένη υγρασία. Μόνιμη ελάττωση της ευπάθειας στις επιδράσεις του νερού και του παγετού. Αύξηση της αντοχής.	Υπέδαφος - Υπόβαση Σπανιότερα ως βάση οδών ελαφράς κυκλοφορίας.
Σταθεροποίηση με άσφαλτο	Αντοχή	Δημιουργία στρώσεως εύκαμπτης, αυξημένης φέρουσας ικανότητας ανθεκτικής στις επιδράσεις του νερού και του παγετού.	Κυρίως ως βάση Σπανιότερα ως υπόβαση
Σταθεροποίηση με τσιμέντο	1. Αντοχή 2. Δομή του εδάφους	Δημιουργία στρώσεως αυξημένης φέρουσας ικανότητας ανθεκτικής στις επιδράσεις του νερού και του παγετού.	Βάση, Υπόβαση, υπέδαφος. Αυτοδύναμα οδοστρώματα ελαφράς κυκλοφορίας φέροντα λεπτή ασφαλτική επίστρωση

Εικόνα 4. Επίδραση του είδους του σταθεροποιητή στις ιδιότητες του εδάφους (κατά Τσόχο)

## 1.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΧΟΥΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Ο υπολογισμός του πάχους των οδοστρωμάτων γίνεται με τις ακόλουθες μεθόδους:

**Αναλυτικές ή θεωρητικές.** Χαρακτηρίζονται οι μεθοδολογίες κατά τις οποίες ο μελετητής υπολογίζει τις αναπτυσσόμενες τάσεις και παραμορφώσεις σε διάφορα κρίσιμα σημεία της δομής του οδοστρώματος και στη συνέχεια 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 αναπτυσσόμενων τάσεων και παραμορφώσεων χρησιμοποιείται η θεωρία για τα πολυστρωματικά συστήματα.

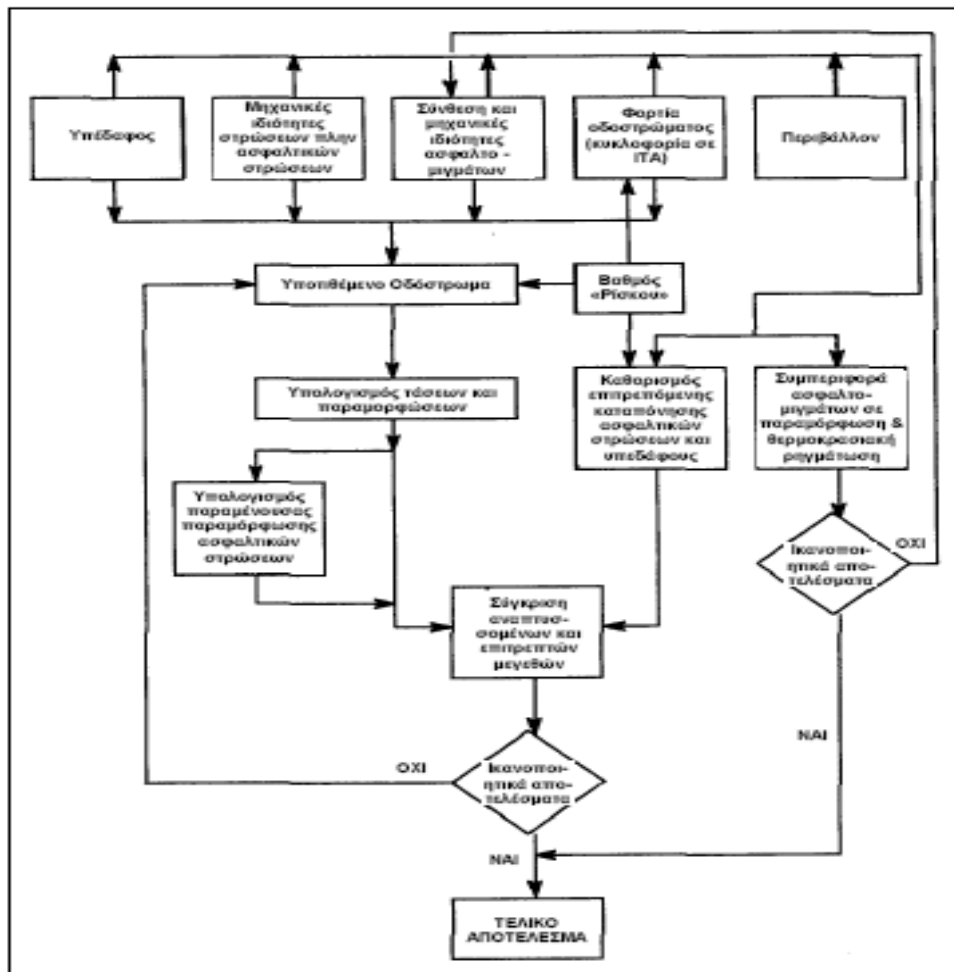
Οι μέγιστες επιτρεπτές τάσεις ή παραμορφώσεις που μπορούν να αναπτυχθούν καθορίζονται κατά κανόνα στο εργαστήριο από δοκιμές επί των υλικών που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν.

Τέλος, ο καθορισμός 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 (Νικολαΐδης Α., 1996).

Πολλοί ερευνητές, ήδη από τα τέλη του προηγούμενου αιώνα, Hertz (1884) και Boussinésq (1885), είχαν μελετήσει τη συμπεριφορά της ελαστικότητας των σωμάτων κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες φόρτισης και έδρασης (Τσώχος Γ., 1984). Το 1925 ο Westergaard έδωσε τις πρώτες ολοκληρωμένες λύσεις για εφαρμογή στα προβλήματα των οδοστρωμάτων. Ακολούθησαν πολλοί ερευνητές, όπως οι Pickett και Ray (1951) που εισήγαγαν τη χρήση διαγραμμάτων επιρροής (Τσώχος Γ., 1984), ο Jones (1962), ο Huang (1969), οι Jelinck και Ranke (1970) και άλλοι οι οποίοι πρότειναν θεωρίες υπολογισμού τάσεων και παραμορφώσεων σε εύκαμπτα οδοστρώματα (Νικολαΐδης Α., 1996).

Τα τελευταία χρόνια αναπτύχθηκαν συστήματα τριών ή και περισσότερων στρώσεων τα οποία προσομοιάζουν επακριβώς την πραγματική κατάσταση των εύκαμπτων οδοστρωμάτων. Η αύξηση του αριθμού των στρώσεων πολλαπλασιάζει τις δυσκολίες υπολογισμού των

τάσεων και παραμορφώσεων με αποτέλεσμα να είναι σχεδόν αδύνατη η ύπαρξη νομογραφημάτων ή πινάκων που να καλύπτουν όλους τους δυνατούς συνδυασμούς μεταβολής των χαρακτηριστικών των στρώσεων (εικόνα 12). Για το λόγο αυτό αναπτύχθηκαν ειδικά προγράμματα σε Η/Υ. Τέτοια είναι α) το BISAR, το οποίο αναπτύχθηκε από τη SHELL στις αρχές της δεκαετίας του 1970 και β) το DAMA το οποίο αναπτύχθηκε από το Asphalt Institute των ΗΠΑ.



Εικόνα 5. Γενικό λογικό διάγραμμα αναλυτικής μεθόδου διαστασιολόγησης εύκαμπτων οδοστρωμάτων (κατά Νικολαΐδη)

**Εμπειρικές ή ημιεμπειρικές μέθοδοι.** Χαρακτηρίζονται οι μεθοδολογίες αυτές όπου τα πάχη των στρώσεων καθορίζονται εύκολα από διαγράμματα ή νομογραφήματα.

Τα διαγράμματα ή νομογραφήματα εξήχθησαν είτε από αναλυτικούς υπολογισμούς, είτε από το συνδυασμό αναλυτικών υπολογισμών και



αποτελεσμάτων από την πράξη (πειράματα κυρίως σε οδοστρώματα μεγάλης κλίμακας και παρακολούθηση της συμπεριφοράς αυτών κάτω από πραγματικές συνθήκες).

Στις σύγχρονες μεθοδολογίες ο κυκλοφοριακός φόρτος εκφράζεται συναρτήσει των ισοδύναμων τυπικών αξόνων 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 όταν πρόκειται για ασφαλικές στρώσεις.

Στην Ελλάδα μέχρι σήμερα δεν έχει αναπτυχθεί ή υιοθετηθεί, αλλά και δυστυχώς δεν απαιτείται να εφαρμόζεται καμία σύγχρονη μεθοδολογία διαστασιολόγησης. Ο καθορισμός του πάχους των στρώσεων βασίζεται ακόμα σε μια εγκύκλιο του Υπουργείου Συγκοινωνιών και Δημοσίων Έργων του 1961 η οποία βασίζεται σε τεχνολογία και μεθοδολογία της δεκαετίας του 1950.

Έτσι δε μπορεί να αντιμετωπίσει επιτυχώς τις ιδιάζουσες συνθήκες κάθε έργου, τις υψηλές ποιοτικές απαιτήσεις της κατασκευής και την ορθολογιστική χρήση νέων υλικών και τεχνολογιών.

Οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι στη μελέτη των οδοστρωμάτων είναι του Asphalt Institute και του AASHTO. Οι μέθοδοι της SHELL, CBR, Kentucky, Wyoming, Steel, NCSA και η Βρετανική Μέθοδος σπάνια χρησιμοποιούνται στη σύγχρονη μεθοδολογία διαστασιολόγησης.

### ***Μέθοδος του Asphalt Institute***

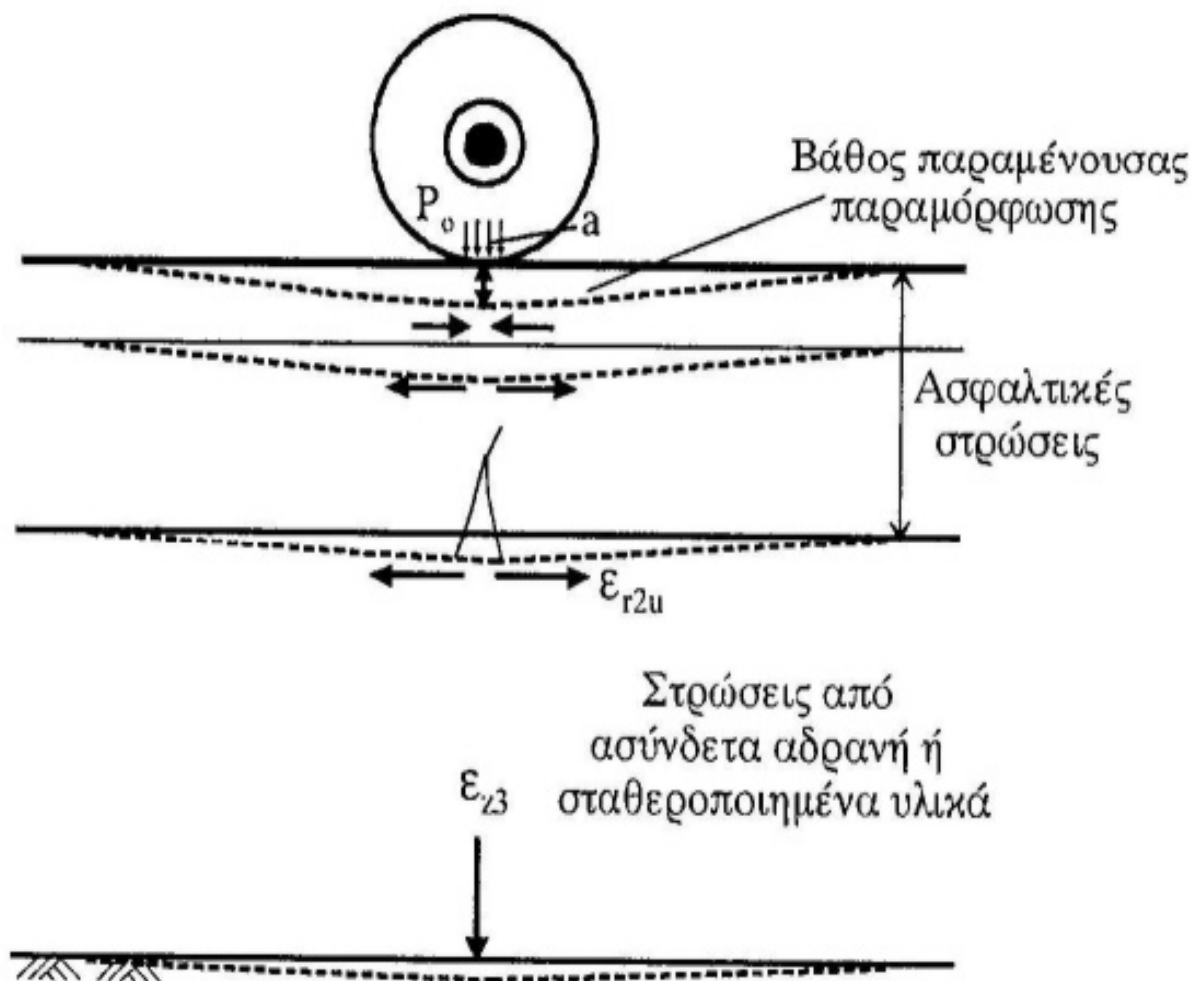
Η μέθοδος αρχικά προτάθηκε το 1981 σε αντικατάσταση της παλιάς μεθόδου του ίδιου Ινστιτούτου, συμπληρώθηκε το 1984 και έλαβε τη σημερινή της μορφή το 1991 (Asphalt Institute, 1991). Η μέθοδος χρησιμοποιεί την ελαστική θεωρία σε πολυστρωματικό σύστημα και ως κριτήρια σχεδιασμού θεωρεί τη ρηγμάτωση και την παραμένουσα παραμόρφωση του οδοστρώματος (Νικολαΐδης Α., 1996) (εικόνα 6).

Με τη μέθοδο αυτή υπολογίζεται τόσο το πάχος εύκαμπτου οδοστρώματος που αποτελείται από βάση (και υποβάση) με ασύνδετα αδρανή και ασφαλικές στρώσεις, όσο και το πάχος οδοστρώματος του

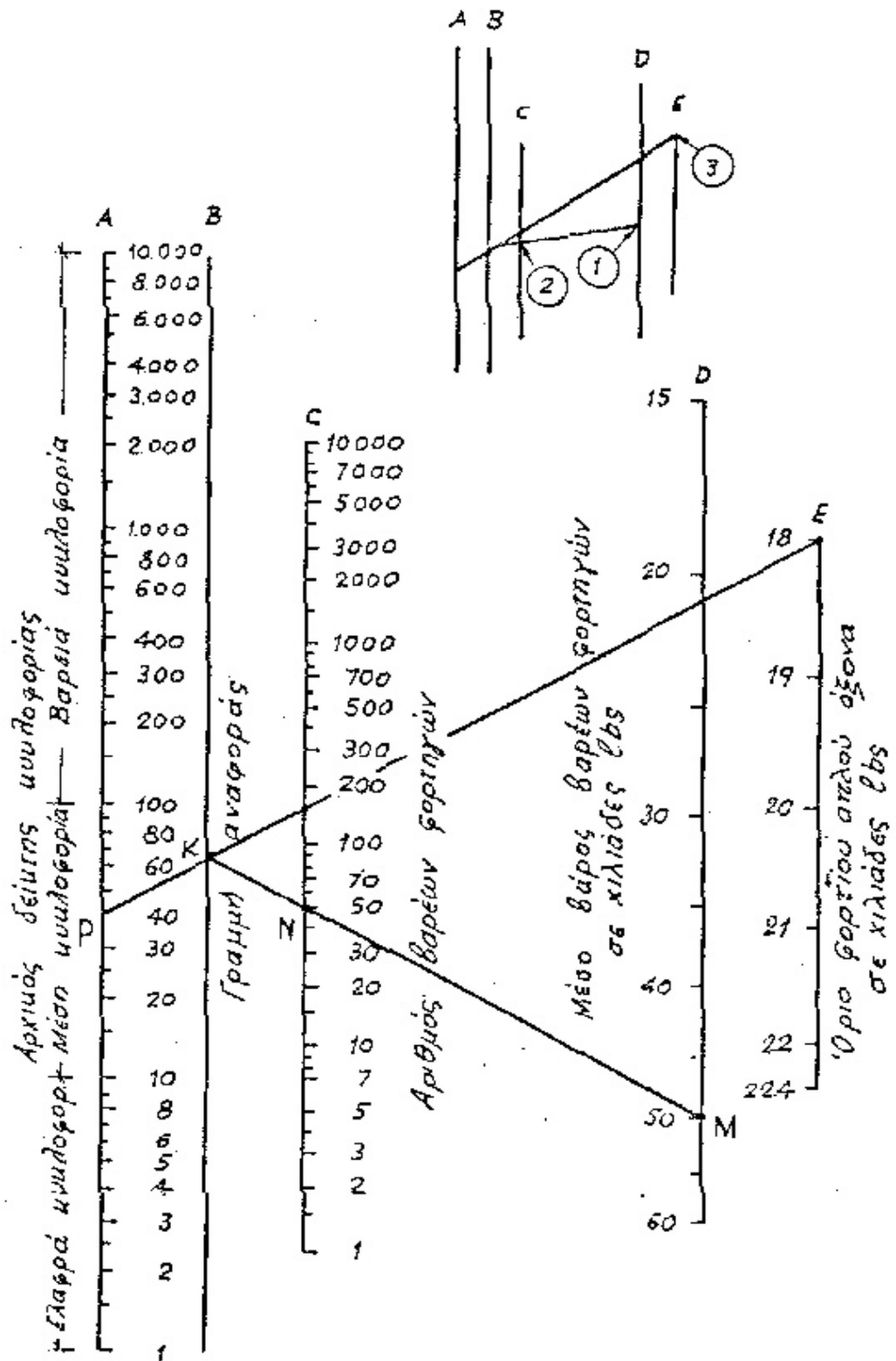
οποίου όλες οι στρώσεις είναι από ασφαλτόμιγμα. Τα πάχη των στρώσεων καθορίζονται από νομογραφήματα (Νικολαΐδης Α., 1996). Η μέθοδος υπολογίζει το πάχος λαμβάνοντας υπόψη:

- α) την κυκλοφορία των οχημάτων στην οδό
- β) την ποιότητα των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν κατά την οδοστρωσία τόσο του οδοστρώματος όσο και του εδάφους.

Για να λάβουμε υπόψη την κυκλοφορία χρειάζεται να προσδιορίσουμε τον αριθμό μελέτης της κυκλοφορίας DTN (Design Traffic Number). Για τον υπολογισμό του DTN καταρχήν προσδιορίζεται ο αρχικός δείκτης κυκλοφορίας ITN (Initial Traffic Number) που γίνεται με τη βοήθεια του νομογραφήματος (Τσώχος Γ., 1984) (εικόνα 7).



Εικόνα 6. Σχηματική παράσταση σχεδιαστικών κριτηρίων εύκαμπτων οδοστρωμάτων (κατά Νικολαΐδη)



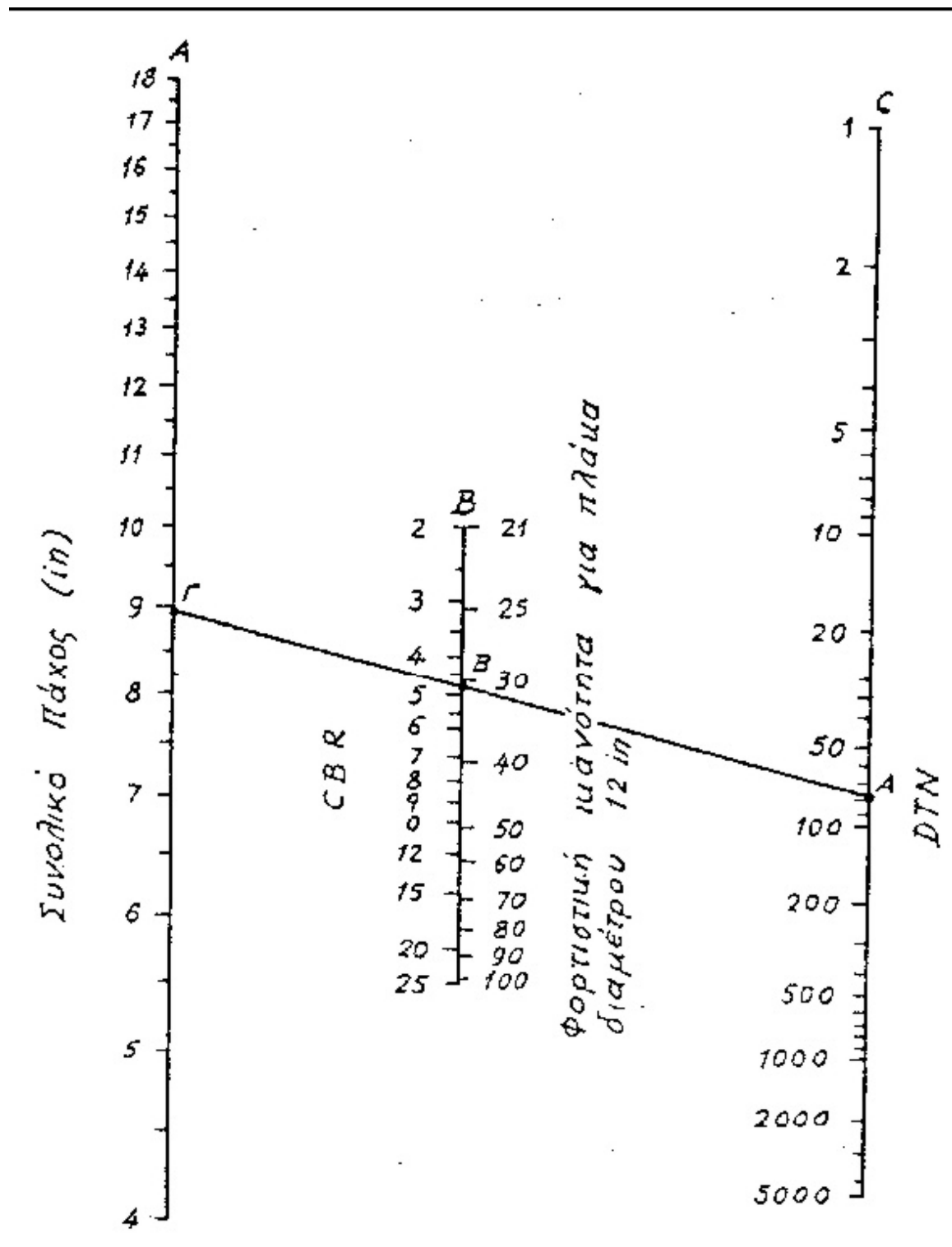
Εικόνα 7. Υπολογισμός δείκτη ITN κυκλοφορίας με τη μέθοδο Asphalt Institute (κατά Στεργιάδη)

Η τιμή του ITN επιδέχεται μια διόρθωση με συντελεστές που εκφράζουν την πιθανή ετήσια αύξηση της κυκλοφορίας. Οι διορθωτικοί αυτοί συντελεστές δίνονται στην εικόνα 8.

περίοδος μελέτης (έτη)	Συντελεστής ετήσιας αύξησης (Γ)				
	2	4	6	8	10
1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
2	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
4	0.21	0.21	0.22	0.22	0.23
6	0.32	0.33	0.35	0.37	0.39
8	0.43	0.46	0.50	0.53	0.57
10	0.55	0.60	0.66	0.72	0.80
12	0.67	0.75	0.84	0.95	1.07
14	0.80	0.92	1.05	1.21	1.40
16	0.93	1.09	1.28	1.52	1.80
18	1.07	1.28	1.55	1.87	2.28
20	1.21	1.49	1.84	2.29	2.86
25	1.80	2.08	2.74	3.66	4.92
30	2.03	2.80	3.95	5.66	8.22
35	2.50	3.68	5.57	8.62	13.55

Εικόνα 8. Διορθωτικοί συντελεστές για ITN λόγω αύξησης της κυκλοφορίας(κατά Στεργιάδη)

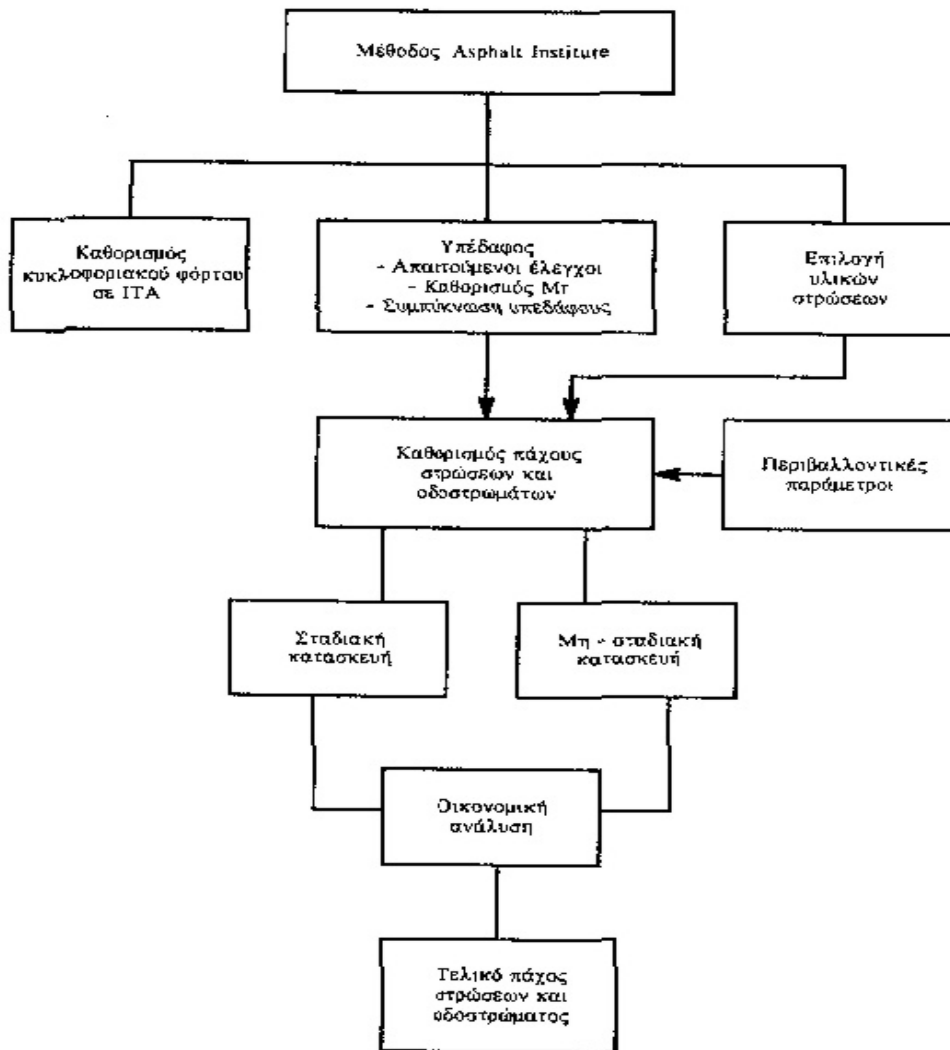
Με βάση το συντελεστή διόρθωσης  $r$  και την τιμή ITN, υπολογίζεται η τιμή του δείκτη  $DTN = ITN \cdot r$  (Στεργιάδης Γ., 1989).



Εικόνα 9. Νομογράφημα προσδιορισμού οδοστρώματος κατά τη μέθοδο Asphalt Institute

Με βάση τα ανωτέρω και γνωρίζοντας την τιμή του δείκτη CBR (California Bearing Ratio), μπορούμε να προσδιορίσουμε το συνολικό πάχος του οδοστρώματος από το νομογράφημα της εικόνας 9.

Στο λογικό διάγραμμα της εικόνας 10 (Νικολαΐδης Α., 1996) βλέπουμε τη διαδικασία και τα στάδια των υπολογισμών για τη μεθοδολογία της διαστασιολόγησης οδοστρωμάτων κατά Asphalt Institute.



Εικόνα 10. Λογικό διάγραμμα μεθοδολογίας διαστασιολόγησης οδοστρωμάτων κατά Asphalt Institute

Λόγω της μεγάλης ανταπόκρισης που έτυχε από τους ερευνητές η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε με επιτυχία σε πολλά κράτη.

### **Μέθοδος AASHTO**

Η νεότερη μεθοδολογία του AASHTO βασίζεται στην αρχική μεθοδολογία που προτάθηκε από τον ίδιο οργανισμό το 1972. Η αρχική μεθοδολογία ήταν απόρροια του μεγάλου πειράματος του AASHTO (Highway

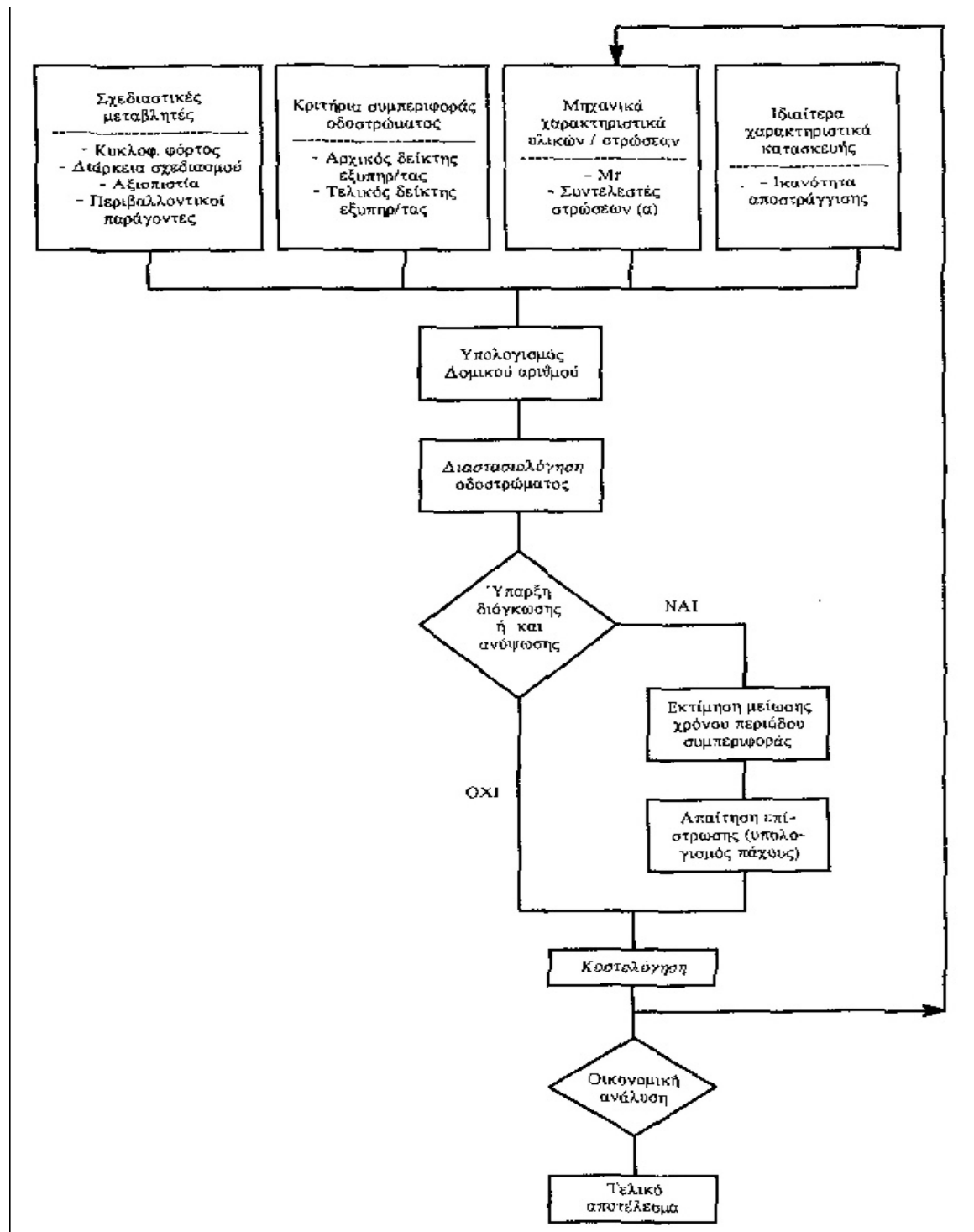
Research Board, 1962) το οποίο ξεκίνησε στα τέλη της δεκαετίας του 1950 και διεξήχθη στην Ottawa του Illinois των ΗΠΑ. Η μέθοδος αναθεωρήθηκε μια φορά το 1981 και στη συνέχεια τροποποιήθηκε το 1986, οπότε και έλαβε τη σημερινή της μορφή (AASHTO, 1986α).

Οι βασικές διαφορές μεταξύ της παλαιάς και της νέας έκδοσης για τα εύκαμπτα οδοστρώματα είναι οι ακόλουθες (Νικολαΐδης Α., 1996) :

- α) Για πρώτη φορά χρησιμοποιείται ο όρος αξιοπιστία (Reliability) έτσι ώστε ο μελετητής να μπορεί να χρησιμοποιήσει την έννοια του «ρίσκου» στη μελέτη.
- β) Η «εδαφική υποστήριξη –  $s$ ». Είναι μια παράμετρος καθαρά αυθαίρετη και βασιζόμενη στην εμπειρία του μηχανικού, αντικαθίσταται με το μέτρο επανάκτησης  $M_r$  (ή ελαστικότητας), μια καθαρά θεμελιώδης ιδιότητα του υπεδάφους, η οποία καθορίζεται αντικειμενικά μετά από εργαστηριακούς ελέγχους.
- γ) Οι συντελεστές των στρώσεων που κατασκευάζονται από διάφορα υλικά, καθορίζονται σε σχέση με το μέτρο επανάκτησης  $M_r$ , καθώς επίσης και με την τιμή CBR ή τιμή αντίστασης –  $R$ . Το CBR ή η τιμή –  $R$ , χρησιμοποιούνται μόνο στις περιπτώσεις που οι στρώσεις είναι από ασύνδετα υλικά.
- δ) Ο τοπικός συντελεστής ( $R$ ) που έχει εισαχθεί για να καλύπτει τις περιπτώσεις που οι κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής διαφέρουν από αυτές στις οποίες εκτελέστηκαν τα πειράματα, αντικαθίσταται με τους περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως είναι η θερμοκρασία και η αποστράγγιση της περιοχής για την οποία σχεδιάζεται το οδόστρωμα, η υγρασία και ο παγετός.
- ε) Εισάγεται μεθοδολογία σταδιακής κατασκευής (ή προσχεδιασμένης αποκατάστασης) του νέου οδοστρώματος.

Αντίθετα με όλες τις άλλες νεότερες μεθοδολογίες εύκαμπτων οδοστρωμάτων, ο AASHTO δε χρησιμοποιεί την παραμόρφωση και την κόπωση (ρηγμάτωση) ως σχεδιαστικά κριτήρια για αστοχία του οδοστρώματος. Η αστοχία συνδυάζεται με τη λειτουργικότητα του οδοστρώματος και ειδικότερα με το επίπεδο εξυπηρέτησης που παρέχει το οδόστρωμα στο χρήστη τη συγκεκριμένη στιγμή και εκφράζεται με το δείκτη Παρούσας Εξυπηρετικότητας (PSI). Με τον τρόπο αυτό το οδόστρωμα σχεδιάζεται κατά τέτοιο τρόπο έτσι ώστε στο τέλος της σχεδιαστικής διάρκειας ζωής του, οι διάφορες φθορές που πιθανόν να παρουσιαστούν στο οδόστρωμα, όπως είναι οι παραμορφώσεις,

ρηγματώσεις, μπαλώματα ή άλλες επιφανειακές ανωμαλίες, να είναι σε ανεκτή κατάσταση και το οδόστρωμα να μπορεί να προσφέρει ένα ανεκτό επίπεδο εξυπηρέτησης. Η διαδικασία διαστασιολόγησης ενός εύκαμπτου οδοστρώματος με τη μέθοδο του AASHTO, δίνεται περιγραφικά στο λογικόδιάγραμμα της εικόνας 11 (Νικολαΐδης Α., 1996) .



Εικόνα 11. Λογικό διάγραμμα μεθοδολογίας διαστασιολόγησης εύκαμπτων οδοστρωμάτων κατά AASHTO



Ο δείκτης εξυπηρετικότητας προσδιορίζεται από τη σχέση (Τσώχος Γ., 1984):

$$PSi = 5.03 - 1.91 \log(1 + SV) - 1.38 RD^2 - 0.01(C + P)^{\frac{1}{2}}$$

όπου SV είναι το μέτρο ανωμαλίας κατά μήκος του οδοστρώματος και προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$Sv = \frac{\sum y^2 - \frac{1}{M} (\sum y)^2}{n - 1}$$

y = είναι η μεταβολή του υψομέτρου δύο διαδοχικών σημείων που απέχουν μεταξύ τους 1 Ft

RD = είναι ο βαθμός αυλακώσεων εγκάρσια στον άξονα (σε ίντσες) ανάμεσα στις τροχιές των δύο τροχών ενός οχήματος.

n = είναι ο αριθμός των μετρήσεων

C = είναι το μήκος των ρηγμάτων (σημαντικών) ανά μονάδα επιφάνειας (σε Ft/1000 Ft<sup>2</sup>)

P = είναι η επιφάνεια ρηγματωμένου ασφαλτικού (κατά μήκος και εγκάρσια ρήγματα) ανά μονάδα επιφάνειας (σε Ft 2/1000 Ft<sup>2</sup>).

Η κυκλοφορία στη μέθοδο AASHTO υπολογίζεται σαν συνολικός αριθμός ισοδύναμων αξόνων 18.000lbs για τη διάρκεια ζωής του οδοστρώματος (περίπου 20 χρόνια). Για διαφορετική χρονικά διάρκεια ζωής του οδοστρώματος (t) μπορούμε να υπολογίσουμε τον αριθμό διελεύσεων ισοδύναμων αξόνων με την ακόλουθη σχέση (Yoder E. – Witczak M., 1987):

$$\log W_{tes} = 9,36(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log[(4,2 - P_1)/(4,2 - 1,5)]}{0,40 + [1094 / (SN + 1)^{5,19}]}$$

όπου,

Wt18 – είναι ο αριθμός εφαρμογών απλού φορτίου 18 kips μέχρι χρόνου t και

Pt είναι το τελικό Psi

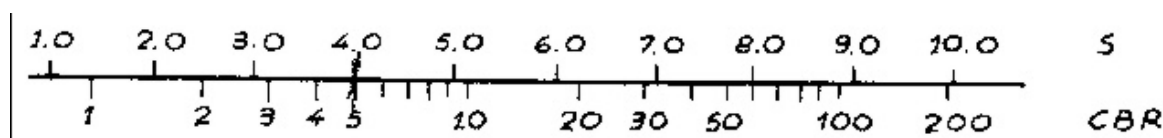
SN – είναι ο αρχικός δείκτης κατασκευής (από πίνακες)

Ο οποιοσδήποτε άξονας μετατρέπεται σε ισοδύναμους άξονες όπως φαίνεται στην εικόνα 19 (Στεργιάδης Γ., 1989).

Τόνοι φορτία (tn)	Ισοδύναμοι άξονες
0,9	0,00015
1,8	0,0024
3,6	0,039
7,2	0,62
8,2	1,00
10,0	2,20
11,8	4,4

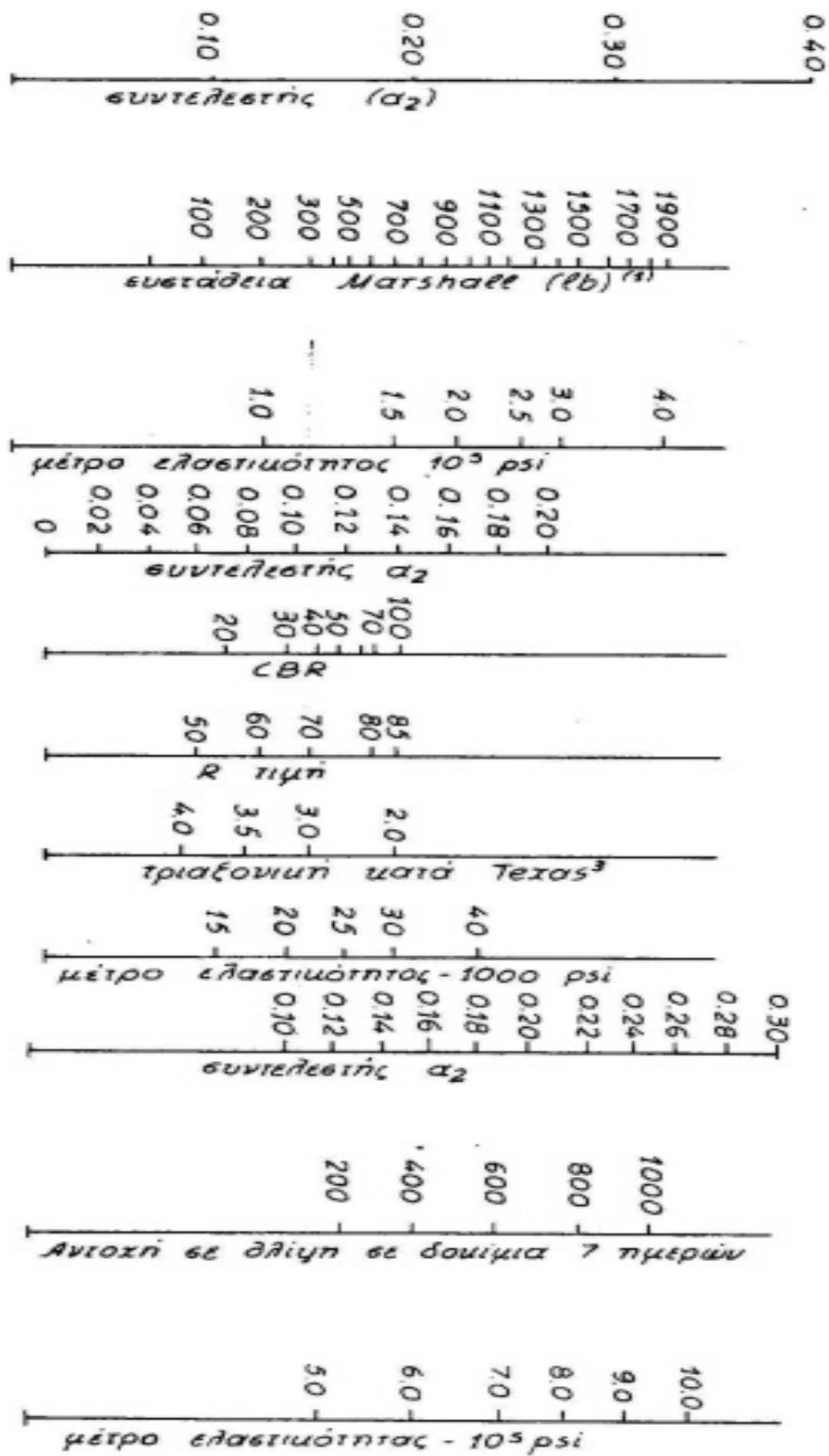
Εικόνα 12. Μετατροπή αξόνων σε ισοδύναμους άξονες(κατά Στεργιάδη)

Η ποιότητα του εδάφους προσδιορίστηκε εισάγοντας την έννοια της φέρουσας αντοχής(S) η οποία μετριέται με μια κλίμακα από το 1,0 έως το 10,0. Η τιμή S προσδιορίστηκε πειραματικά και έγινε συσχέτισή της με μετρήσιμες εδαφικές παραμέτρους όπως είναι το CBR (εικόνα 13).

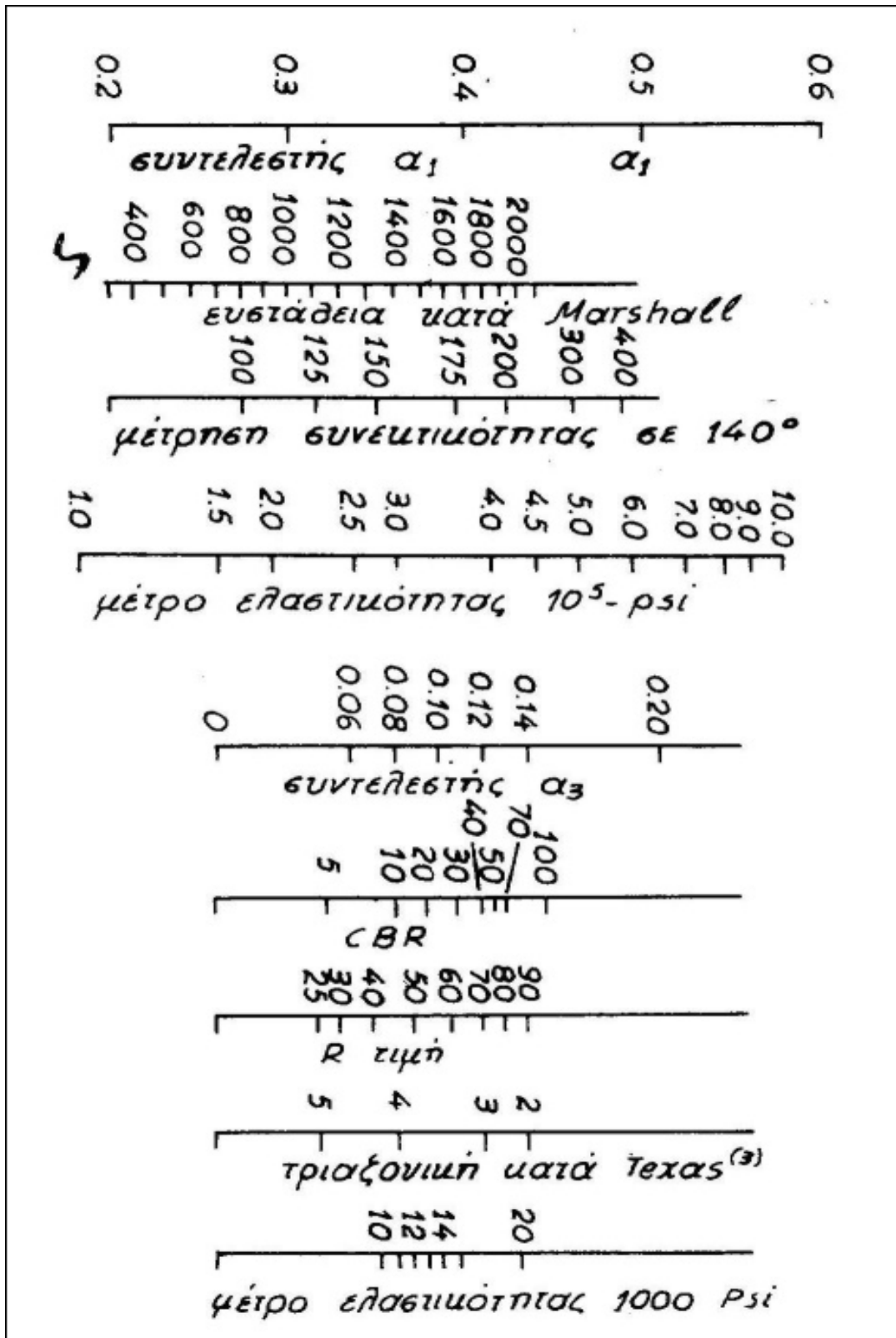


Εικόνα 13. Συσχέτιση τιμών CBR και S (κατά Τσώχο)

Εκτός από την ποιότητα του εδάφους θα πρέπει να γνωρίζουμε και ορισμένους συντελεστές οι οποίοι θα εκφράζουν την ποιοτική και την ποσοτική συμβολή κάθε στρώσης που χρησιμοποιείται (υπόβαση – βάση – ανωδομή) για τη δημιουργία του οδοστρώματος. Μετά από μεγάλη πειραματική διερεύνηση προέκυψαν τα ακόλουθα νομογραφήματα που επιτρέπουν τον άνετο υπολογισμό (εικόνα 14 & 15) (Τσώχος Γ., 1984).



Εικόνα 14. Νομογράφημα προσδιορισμού τιμών  $a_2$  σε συνάρτηση με την ποιότητα χρησιμοποιηθησομένων ολικών (κατά Τσώχο)



Εικόνα 15. Νομογράφημα προσδιορισμού  $\alpha_1$  σε συνάρτηση με την ποιότητα του χρησιμοποιηθησομένου υλικού (κατά Τσόχο)

Η επιρροή των κλιματικών παραγόντων όπως είναι η βροχή, ο δυνατός άνεμος, ο παγετός κλπ. είναι εξαιρετικά σημαντική και έντονη πάνω στο οδόστρωμα. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής περιοχής (R) (εικόνα 16) (Τσώχος Γ., 1984).

Συνθήκες	Τιμές (R)
Έδαφος παγόπληκτο σε βάθος 15 εκ. ή περισσότερο	0.2 – 1.0
Έδαφος ξερό (το καλοκαίρι και το φθινόπωρο)	0.3 – 1.5
Έδαφος υγρό (την άνοιξη)	4.0 – 5.0
*Οι τιμές του πίνακα ισχύουν στις ΗΠΑ και θα πρέπει να γίνεται πολύ προσεκτική χρήση για τις ελληνικές συνθήκες	

Εικόνα 16. Συντελεστές περιοχής (R)\* (κατά Τσώχο)

## ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΥΠΕΙΣΕΡΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΟΥ ΠΑΧΟΥΣ ΤΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Οι παράγοντες που υπεισέρχονται στη μελέτη των οδοστρωμάτων είναι:

- α) Η κυκλοφορία
- β) Τα φορτία των οχημάτων. Κυκλοφοριακός φόρτος
- γ) Οι συνθήκες του περιβάλλοντος (κλίμα)
- δ) Το έδαφος - Συστήματα κατάταξης εδαφών
- ε) Τα υλικά του οδοστρώματος

### Η κυκλοφορία

Κατά το σχεδιασμό μιας οδού, μια από τις βασικές παραμέτρους είναι η αποτίμηση της κυκλοφορίας. Η κυκλοφορία στις οδούς ποικίλλει τόσο στον αριθμό, όσο και στο μέγεθος (βάρος) των οχημάτων. Ο σωστός υπολογισμός ενός οδοστρώματος είναι απόρροια του υπολογισμού του αριθμού των οχημάτων που θα χρησιμοποιήσουν την οδό στη διάρκεια της ζωής της. Η μελλοντική κυκλοφορία μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$Q_n = Q_0 (1 + \varepsilon)^n$$

όπου:

$Q_n$  – είναι ο κυκλοφοριακός φόρτος σε  $n$  χρόνο

$Q_0$  – είναι ο κυκλοφοριακός φόρτος στην αρχή της λειτουργίας της οδού

$\varepsilon$  – είναι η ετήσια αύξηση της κυκλοφορίας

$n$  – είναι η διάρκεια ζωής του οδοστρώματος σε χρόνο

### **Τα φορτία των οχημάτων. Κυκλοφοριακός φόρτος**



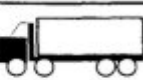
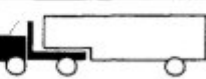

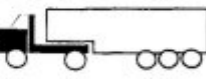
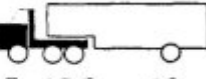

Το φορτίο των οχημάτων ποικίλλει τόσο ανάμεσα στις διάφορες χώρες όσο και στα διάφορα οχήματα που κυκλοφορούν στην ίδια χώρα. Τα οχήματα που κυκλοφορούν σε μια οδό είναι ένα μίγμα από επιβατικά οχήματα, λεωφορεία, φορτηγά, ρυμουλκά, νταλίκες (συρμοί) κλπ. Το φορτίο του οχήματος και η κατανομή αυτού μέσω των αξόνων και ελαστικών είναι άμεσα συνυφασμένο με την καταστροφική ικανότητα του κάθε οχήματος. Για την προστασία των οδοστρωμάτων όλες οι χώρες έχουν θεσπίσει μέγιστα επιτρεπτά βάρη ανά τύπο οχήματος και κυρίως ανά είδος άξονα (εικόνα 17) (OECD, 1988) .

Χώρα	Μέγιστα επιτρεπτά αξονικά φορτία (τόνοι)		
	Μονός άξονας		Δίδυμος
	Δίχως κίνηση	Με κίνηση	
Αγγλία	9 - 10 <sup>(α)</sup>		16 ή 20 - 26 <sup>(α)</sup>
Αυστραλία	4.6 - 9 <sup>(α)</sup>		9 - 16.5 <sup>(α)</sup>
Αυστρία	10	10	16
Βέλγιο	10	13	20
Γαλλία	13	13	21
Γερμανία	10	10	16
Γιουγκοσλαβία	10	10	16
Δανία	10	10	16
Ελλάδα	10	13	20
Ελβετία	10 - 12 <sup>(α)</sup>		18
ΗΠΑ <sup>(β)</sup>	9	9	15.6
Ιαπωνία	-	10	20
Ιρλανδία	10	10.5	11-20
Ισπανία	13	13	21
Ιταλία	12	12	19
Καναδάς	4.5 - 10 <sup>(α)</sup>		16 - 20 <sup>(α)</sup>
Λουξεμβούργο	10	13	20
Νορβηγία	10	10	16
Ολλανδία	10	10	18
Πορτογαλία	-	10	16
Σουηδία	10	10	16
Τουρκία	13	13	19
Φινλανδία	10	10	16
Ευρωπαϊκή Ένωση	10	11.5	18

Δεν καθορίζονται όρια

Εικόνα 17. Μέγιστα αξονικά φορτία σε διάφορες χώρες (Κατά OECD)

Στις εικόνες 18 & 19 μπορούμε να δούμε τυπικές κατηγορίες οχημάτων και κατανομή του φορτίου τους.

Τύπος οχήματος	Κατανομή βάρους & σχηματική παράσταση οχήματος(τόννοι)	Μεγ. μικτό βάρος <sup>(α)</sup>
Φορτηγό 2-αξόνων (Τύπος 2) <sup>(β)</sup>	 6 13	(τόννοι) 19 GR 16.3 GB
Φορτηγό 3-αξόνων (Τύπος 3) <sup>(β)</sup>	 6 20	26 GR 24.4 GB 22 USA
Φορτηγό 4-αξόνων (Τύπος 4) <sup>(β)</sup>	 7.3 18.3	25.5 USA 30.5 GB
Ρυμουλκό με ημι- ρυμουλκούμενο (νταλικά) 3-αξόνων (Τύπος 2-S1) <sup>(β)</sup>	 6 13 10	29 GR 24.4 GB
Ρυμουλκό με ημι- ρυμουλκούμενο (νταλικά) 4-αξόνων (Τύπος 2-S2) <sup>(β)</sup>	 8 10 20	38 GR 32.5 GB 35 E.E.
Ρυμουλκό με ημι- ρυμουλκούμενο (νταλικά) 5-αξόνων (Τύπος 2-S3) <sup>(β)</sup>	 7 9 22	38 GB 40 E.E.
Ρυμουλκό με ημι- ρυμουλκούμενο (νταλικά) 4-αξόνων (Τύπος 3-S1) <sup>(β)(γ)</sup>	 7 15.5 10	32.5 GB
Ρυμουλκό με ημι- ρυμουλκούμενο (νταλικά) 5-αξόνων (Τύπος 3-S2) <sup>(β)(γ)</sup>	 6 16 16	38 GB 36.5 USA 42 E.E

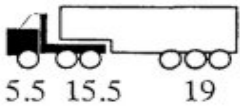
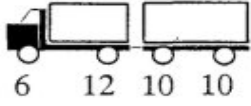
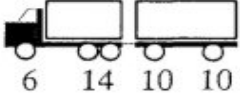
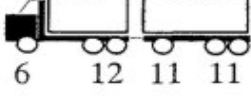
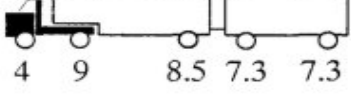
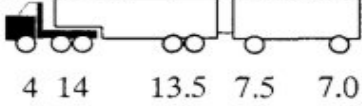
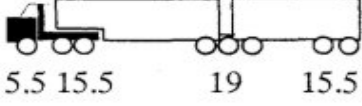
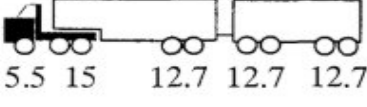
Εικόνα 18. Τοπικές κατηγορίες εμπορικών οχημάτων και κατανομή Φορτίου (Κατά Cronney D. and Cronney P., IRF, TRB)

(α) Ενδεικτικό μέγιστο μικτό βάρος, εξαρτάται από τους κανονισμούς της κάθε χώρας.

(β) Εντός παρενθέσεως δηλώνεται ο τύπος του οχήματος συναρτήσει του αριθμού των αξόνων που έχει. Το γράμμα «S» δηλώνει την ύπαρξη ημιρυμουλκούμενου (semitrailer).

(γ) Το συνολικό βάρος και η κατανομή αυτού εξαρτάται από την απόσταση μεταξύ των αξόνων και από το εάν ο άξονας ή το σύστημα αξόνων έχει κινητήριο δύναμη.



Τύπος οχήματος	Κατανομή βάρους & σχηματική παράσταση οχήματος (τόννοι)	Μέγ. μικτό βάρος <sup>(α)</sup>
Ρυμουλκό με ημι-ρυμουλκούμενο (νταλικά) 6-αξόνων (Τύπος 3-S3) <sup>(β)(γ)</sup>	 5.5 15.5 19	(τόννοι) 40 GR 38 GB 44 E.E.
Φορηγό με ένα ρυμουλκούμενο (συρμός) 4-αξόνων (2-2) <sup>(β)(γ)</sup>	 6 12 10 10	38 (32 - 40)
Φορηγό με ένα ρυμουλκούμενο (συρμός) 5-αξόνων (3-2) <sup>(β)(γ)</sup>	 6 14 10 10	40 (38 - 44)
Φορηγό με ένα ρυμουλκούμενο (συρμός) 6-αξόνων (3-3) <sup>(β)(γ)</sup>	 6 12 11 11	40 (38 - 44)
Νταλικά με ρυμουλκούμενο (συρμός) 5-αξόνων (2-S1-2) <sup>(β)(γ)</sup>	 4 9 8.5 7.3 7.3	36.1 USA
Νταλικά με ρυμουλκούμενο (συρμός) 7-αξόνων (3-S2-2) <sup>(β)(γ)</sup>	 4 14 13.5 7.5 7.0	46 USA
Νταλικά με ρυμουλκούμενο (συρμός) 8-αξόνων (3-S3-2) <sup>(β)(γ)</sup>	 5.5 15.5 19 15.5	55.5 USA
Νταλικά με ρυμουλκούμενο (συρμός) 9-αξόνων (3-S2-4) <sup>(β)(γ)</sup>	 5.5 15 12.7 12.7 12.7	58.6 USA

Εικόνα 19. Κατηγορίες εμπορικών οχημάτων και κατανομή φορτίου (Κατά FHWA, Μήντσης Γ., Νικολαΐδης Α., Τσόχος Γ.)

(α) Ενδεικτικό μέγιστο μικτό βάρος, εξαρτάται από τους κανονισμούς της κάθε χώρας.

(β) Εντός παρενθέσεως δηλώνεται ο τύπος του οχήματος συναρτήσεως του αριθμού των αξόνων που έχει. Το γράμμα «S» δηλώνει την ύπαρξη ημιρυμουλκούμενου (semitrailer). (γ) Το συνολικό βάρος και η κατανομή αυτού εξαρτάται από την απόσταση μεταξύ των αξόνων και από το εάν ο άξονας ή το σύστημα αξόνων έχει κινητήριο δύναμη.

Για τον καλύτερο απολογισμό ενός οδοστρώματος, το φορτίο των οχημάτων έχει μετατραπεί σε φορτίο του άξονα. Το πείραμα του AASHO (1962) όρισε (σχεδόν αυθαίρετα) έναν άξονα με δίδυμους τροχούς και φορτίο 18.000 lb (8.16 τόνων), ως το αντιπροσωπευτικό αξονικό φορτίο για την εποχή εκείνη (1961). Για τον άξονα αυτό θεωρήθηκε ότι με μια διέλευσή του επέρχεται καταστροφή του οδοστρώματος ίση με τη μονάδα. Ο άξονας αυτός ονομάστηκε τυπικός άξονας. Η καταστρεπτική επίδραση των αξονικών φορτίων με μικρότερο ή με μεγαλύτερο φορτίο από αυτό των 18.000 lb εκφράστηκε με ισοδύναμους συντελεστές μικρότερους ή μεγαλύτερους της μονάδας αντίστοιχα. Με τον καθορισμό των συντελεστών αυτών, δόθηκε η δυνατότητα της έκφρασης και μετατροπής του κυκλοφοριακού φορτίου με τα διαφορετικά αξονικά φορτία σε μια και μοναδική μεταβλητή, του ισοδύναμου τυπικού άξονα (ITA) (Νικολαΐδης Α., 1996).

Για τον καθορισμό των συντελεστών ισοδυναμίας χρησιμοποιήθηκε η θεμελιώδης

εξίσωση ισοδύναμου καταστροφής μεταξύ φορτίων. Η εξίσωση αυτή είναι:

$$\frac{N_j}{N_i} = \left( \frac{P_j}{P_i} \right)^\gamma \quad \text{ή} \quad N_j = \alpha N_i$$

όπου:

$N_j$  = είναι ο αριθμός διελεύσεων αξόνων με φορτίο  $P_j$  για να προκαλέσει καταστροφή του οδοστρώματος

$N_i$  = είναι ο αριθμός διελεύσεων αξόνων με φορτίο  $P_i$  (= 8.16 τόνους) για να επιφέρει ισοδύναμη καταστροφή του οδοστρώματος.

$\gamma$  = είναι αριθμητική μεταβλητή

$N_T$  = είναι ο αριθμός ισοδύναμων διελεύσεων τυπικού άξονα

$\alpha$  = είναι συντελεστής ισοδυναμίας [ $\alpha = (P_j/P_i)^\gamma$ ]

Η εξίσωση θεωρεί ότι σε σχέση με την ισοδύναμη καταστροφή που επιφέρουν δύο διαφορετικά αξονικά φορτία, ο λόγος του αριθμού των διελεύσεων δύο διαφορετικών φορτίων είναι ανάλογος του λόγου των

φορτίων αυτών, ή αλλιώς η επερχόμενη καταστροφή του οδοστρώματος μετά από N διελεύσεις τυχόντος αξονικού φορτίου, είναι ισοδύναμη της καταστροφής που επέρχεται μετά από NT διελεύσεις του ΙΤΑ.

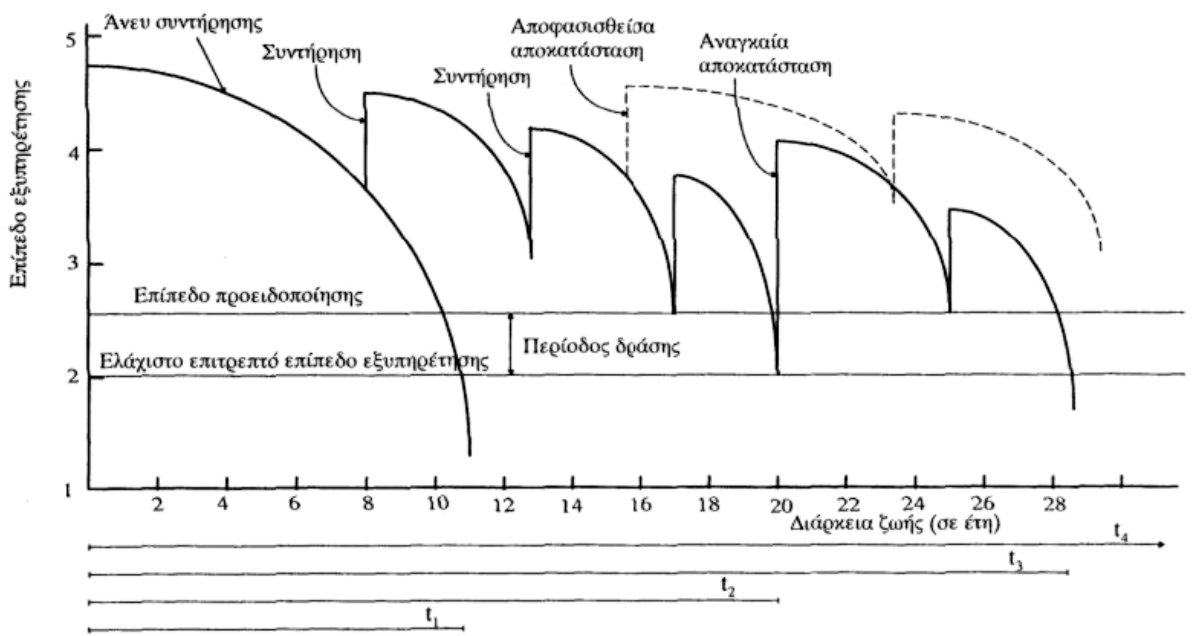
Στον πίνακα 4.4 φαίνονται οι συντελεστές ισοδυναμίας που εξήχθησαν από το πείραμα του AASHTO (1986α) για τη μετατροπή μονών, δίδυμων και τρίδυμων αξόνων σε ισοδύναμους τυπικούς άξονες (ΙΤΑ).

Βάρος άξονα		Συντελεστές ισοδυναμίας ανά τύπο άξονα		
kN	kips	Μονός	Δίδυμος	Τρίδυμος
4.45	1	0.00002	0.0000	0.0000
8.9	2	0.00018	0.0000	0.0000
17.8	4	0.00209	0.0003	0.0000
26.7	6	0.01043	0.001	0.0003
35.6	8	0.0343	0.003	0.001
44.5	10	0.0877	0.007	0.002
53.4	12	0.189	0.014	0.003
62.3	14	0.360	0.027	0.006
71.2	16	0.623	0.047	0.010
80.0	18	1.000	0.077	0.017
89.0	20	1.510	0.121	0.027
97.8	22	2.180	0.18	0.040
106.8	24	3.030	0.260	0.057
115.6	26	4.090	0.364	0.080
124.5	28	5.390	0.495	0.109
133.5	30	7.000	0.658	0.145
142.3	32	8.880	0.857	0.191
151.2	34	11.18	1.095	0.246
160.0	36	13.93	1.380	0.313
169.0	38	17.20	1.700	0.393
178.0	40	21.08	2.080	0.487
187.0	42	25.64	2.510	0.597
195.7	44	31.00	3.000	0.723
204.5	46	37.24	3.550	0.868
213.5	48	44.50	4.170	1.033
222.4	50	52.88	4.860	1.220
231.3	52		5.630	1.430
240.2	54		6.470	1.660
249.0	56		7.410	1.910
258.0	58		8.450	2.220
267.0	60		9.659	2.510
275.8	62		10.84	2.850
284.5	64		12.22	3.220
293.5	66		13.73	3.620
302.5	68		15.38	4.050
311.5	70		17.19	4.520
320.0	72		19.16	5.030
329.0	74		21.32	5.570
338.0	76		23.66	6.150
347.0	78		26.22	6.780
356.0	80		29.00	7.450
364.7	82		32.00	8.200
373.6	84		35.30	8.900
382.5	86		38.80	9.800
391.4	88		42.60	10.60
400.3	90		46.80	11.60

Εικόνα 20. Συντελεστές ισοδυναμίας για τη μετατροπή αξόνων σε Ισοδύναμους Τυπικούς Άξονες (ΙΤΑ) (Κατά AASHTO)

Κάθε οδόστρωμα σχεδιάζεται για ένα συγκεκριμένο αριθμό ετών ή καλύτερα για να παραλάβει ένα συγκεκριμένο αριθμό αξονικών φορτίων μέσα σε αυτό το χρονικό διάστημα.

Με την απόδοση του οδοστρώματος στην κυκλοφορία, η ποιότητα του οδοστρώματος, εκφραζόμενη με το επίπεδο εξυπηρέτησης, είναι μέγιστη. Το επίπεδο εξυπηρέτησης μειώνεται συνεχώς και για να βελτιωθεί ή να διατηρηθεί σε κάποιο επιθυμητό επίπεδο χρειάζεται συντήρηση της οδού. Εάν δε συντηρηθεί πιθανόν το οδόστρωμα να μη μπορεί να εξυπηρετεί τους χρήστες επαρκώς για όλο το διάστημα που απαιτείται. Ο χρόνος διάρκειας της καλής ως ανεκτής λειτουργίας του οδοστρώματος χωρίς συντήρηση ( $t_1$ ) είναι πάντα πιο μικρός από το χρόνο όταν το οδόστρωμα συντηρείται συστηματικά ( $t_2$ ) (Νικολαΐδης Α., 1996) (εικόνα 21).



Εικόνα 21. Επίδραση συντήρησης και αποκατάστασης οδοστρώματος στο επίπεδο εξυπηρέτησης και στη διάρκεια ζωής αυτού(κατά Νικολαΐδη)

Σε κάποια χρονική στιγμή η αποκατάσταση του οδοστρώματος είναι αναγκαία με σκοπό τη βελτίωση της κατάστασής του και τη δυνατότητα παραλαβής μεγαλύτερου αριθμού αξονικών φορτίων ή ακόμη την αύξηση της διάρκειας ζωής του. Έτσι η καινούργια διάρκεια ζωής του οδοστρώματος είναι  $t_3$ . Εάν η συντήρηση γίνει νωρίτερα από τη χρονική στιγμή κατά την οποία το οδόστρωμα θα λάβει την ελάχιστη επιτρεπτή τιμή του επιπέδου εξυπηρέτησης τότε, με μικρότερο κόστος αποκατάστασης, το οδόστρωμα θα παρέχει τις υπηρεσίες του για μεγαλύτερο διάστημα  $t_4 > t_3$ . Συμπεραίνουμε ότι η έγκαιρη

συντήρηση είναι αναγκαία και η αποκατάσταση είναι προτιμότερο να γίνεται πριν το επίπεδο εξυπηρέτησης λάβει την ελάχιστη επιτρεπτή τιμή.

Οι απόψεις των ειδικών για το χρόνο απόσβεσης δίστανται, αφού προτείνουν χρόνους που κυμαίνονται ανάλογα με την κατηγορία δασικού δρόμου από 10 μέχρι 100 χρόνια. Στο εξωτερικό ο Wiedmer (1961) καθόρισε τους παρακάτω χρόνους απόσβεσης:

α) για υπόβαση με πλακόστρωση 100 χρόνια

β) για χαλικοστρωση 100 χρόνια με την προϋπόθεση ότι μαζί με την πλακόστρωση αποτελεί τη φέρουσα κατασκευή και οι μετέπειτα χαλικοστρώσεις αποτελούν τη δαπάνη συντήρησης.

Ο Mayer (1969) εκτιμά για την Αυστρία ένα μέσο χρόνο 15 – 25 έτη (Εσκίογλου Π., 1991). Ο Abegg (1978) θεωρεί ως χρόνο απόσβεσης τα 50 χρόνια. Όπως επίσης και οι Kuonen και Burlet στην Ελβετία (Εσκίογλου Π., 1991).

Στην Ελλάδα ο Οικονομόπουλος (1964) θεωρεί χρόνο απόσβεσης για χωματοδρόμους 7 χρόνια (Καραγιάννης Κ., 2001) . Το Υπουργείο Γεωργίας (1966) καθορίζει τα 20 χρόνια για δασικούς δρόμους Β΄ κατηγορίας (Εσκίογλου Π., 1991). Ο Γ. Στεργιάδης (1973) για τους ελληνικούς δασικούς δρόμους Α΄, Β΄ και Γ΄ κατηγορίας εκτιμά 40, 30 και 20 χρόνια αντίστοιχα (Καραγιάννης Ε., 1991) . Για τον καλύτερο υπολογισμό της κυκλοφορίας που αναμένουμε να χρησιμοποιήσει την οδό κατά την περίοδο σχεδιασμού της, βασιζόμεστε σε μετρήσεις της υπάρχουσας κυκλοφορίας οι οποίες αναλύονται σε αριθμό διέλευσης ανά αξονικό φορτίο και παράλληλα γίνεται εκτίμηση του ρυθμού της ετήσιας αύξησης της κυκλοφορίας. Στους ελληνικούς δασικούς δρόμους κινούνται κατά το πλείστον τα φορτηγά που μεταφέρουν ξυλεία και διάφορα υλικά, καθώς επίσης και τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται σε χωματοουργικές εργασίες (εκσκαφή, φόρτωση, μεταφορά, εκβραχισμοί) (Καραρίζος Πλ., 1992), σε οδοστρώσεις (διαμορφωτής γαιών, προωθητής γαιών, οδοστρωτήρας), πυροσβεστικά οχήματα, αγροτικοί ελκυστήρες (τρακτέρ) και επιβατικά οχήματα.

## Οι συνθήκες του περιβάλλοντος (κλίμα)

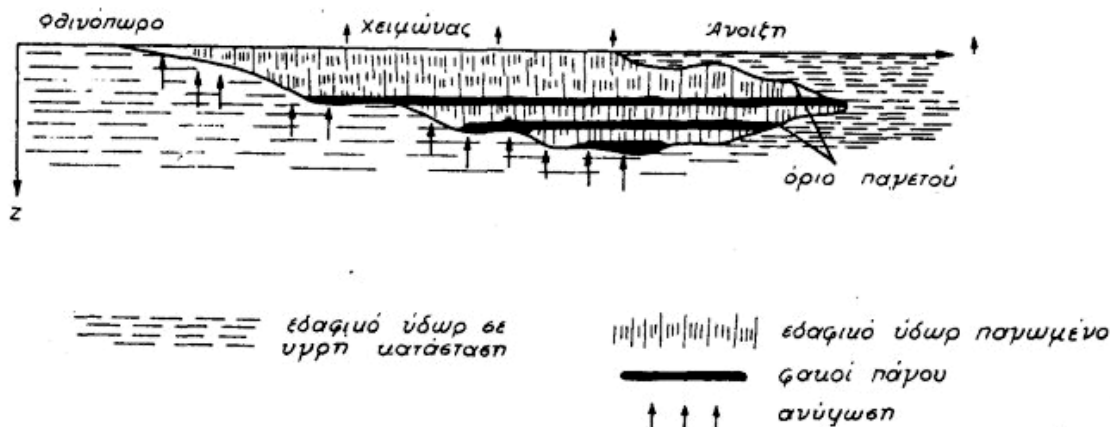
Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την επίδοση των οδοστρωμάτων είναι το κλίμα, στο οποίο περιλαμβάνονται:

**α) οι έντονες θερμοκρασιακές μεταβολές.** Αποτελούν αιτία καταστροφής του οδοστρώματος. Τα ασφαλικά υλικά επηρεάζονται σημαντικά από τις μεταβολές αυτές, αφού οι χαμηλές θερμοκρασίες τα κάνουν να συμπεριφέρονται ως ψαθυρά υλικά με συνέπεια την εμφάνιση ρωγμών. Αντιθέτως οι υψηλές θερμοκρασίες τα οδηγούν σε ρευστοποίηση με αποτέλεσμα, επιπυονούμενα από τα φορτία κυκλοφορίας να παρουσιάζουν μόνιμες παραμορφώσεις (Μουρατίδης Α., 1994β).

**β) η παρουσία του ύδατος (βροχοπτώσεις).** Το νερό επιταχύνει σημαντικά τη φθορά του οδοστρώματος σε όλες τις στρώσεις του. Η διαβρωτική επίδρασή του γίνεται αισθητή καθ' όλη τη διάρκεια ζωής της κατασκευής και για το λόγο αυτό κρίνεται απαραίτητη η εκτέλεση προστατευτικών έργων αποστράγγισης και αποχέτευσης. Στα εύκαμπτα οδοστρώματα η αύξηση της ποσότητας του νερού στις βάσεις και στις υποβάσεις είναι υπεύθυνη για την ελάττωση της φέρουσας ικανότητας και για την αύξηση του βαθμού απώλειας της εξυπηρετικής ικανότητας των οδοστρωμάτων (Μουρατίδης Α., 1994β). Το νερό ευθύνεται ακόμη για τη δημιουργία υπερβολικών τάσεων στο υπέδαφος, για τη συνεισφορά του στη ρηγμάτωση από συστολή, στην οξειδωση και στη μείωση της ευκαμψίας του οδοστρώματος.

Στα δύσκαμπτα οδοστρώματα που περιέχουν ελεύθερο νερό η πρώτη κίνηση για την αποβολή λεπτόκοκκου υλικού στην επιφάνειά τους είναι η διάρρηξη των αρμών, των άκρων της συνεχόμενης πλάκας καθώς επίσης και η απώλεια επαφής ανάμεσα στα ελεύθερα άκρα του οδοστρώματος και των ερεισμάτων (Κοφίτσας Ι., 1997).

**γ) η επίδραση του φαινομένου του παγετού.** Με τον όρο παγοπληξία εννοούμε τις συνέπειες που έχει στο οδόστρωμα η εμφάνιση παγετού κατά την περίοδο του χειμώνα αλλά και η τήξη αυτού κατά την περίοδο της άνοιξης (Τσώχος Γ., 1984). Λόγω του σχηματισμού πάγου (εικόνα 22) παρατηρείται μια ανύψωση του οδοστρώματος που μπορεί να είναι αρκετά σημαντική.



Εικόνα 22. Δημιουργία φακών πάγου στο οδόστρωμα (κατά Τσώχο)

Σε κράτη όπου επικρατεί πολύ ψυχρό κλίμα (Σκανδιναβικές Χώρες) έχει αναφερθεί ανύψωση μέχρι και 60 εκατοστά (Oglesby C.H., 1975) .

Το Σύμα των Μηχανικών συντάξε έναν πίνακα ο οποίος περιλαμβάνει τα ευαίσθητα σε παγετό εδάφη. Σε αυτά περιλαμβάνονται όλα τα ανόργανα εδάφη που περιέχουν κόκκους λεπτότερους από 0,02 mm σε αναλογία μεγαλύτερη από 3% (Yoder E. – Witczak M., 1987) (εικόνα 30).

Ομάδα	Περιγραφή
F1	Χαλικώδη εδάφη με περιεκτικότητα βάρους μεταξύ 3% και 20% υλικών λεπτότερων από 0,02 mm
F2	Άμμοι με περιεκτικότητα βάρους μεταξύ 3% και 15% υλικών λεπτότερων από 0,02 mm
F3	(a) Χαλικώδη εδάφη με περιεκτικότητα μεγαλύτερη από 20% κατά βάρος υλικών λεπτότερων από 0,02 mm και άμμοι, εκτός από ιλυώδεις άμμοις, με περιεκτικότητα περισσότερη από 15% κατά βάρος υλικών λεπτότερων από 0,02 mm. (b) Άργιλοι με δείκτες πλαστικότητας μεγαλύτερους από 12, εκτός από (c) στρωματικές άργιλοι κάτω από ομοιόμορφες συνθήκες
F4	(a) Όλες οι ιλύες, καθώς και οι αμμώδεις ιλύες. (b) Λεπτές ιλυώδεις άμμοι με περιεκτικότητα περισσότερη από 15% κατά βάρος υλικών λεπτότερων από 0,02 mm. (c) Ισχνές άργιλοι με δείκτες πλαστικότητας κάτω του 12. (d) Στρωματικές άργιλοι με μη ομοιόμορφο υπέδαφος.

<sup>a</sup> Από το Σύμα των Μηχανικών.

Εικόνα 23. Εδάφη ευαίσθητα σε παγετό (κατά Yoder / Witczak)

Στην εικόνα 24 (Μουρατίδης Α., 1994β) μπορούμε να δούμε τις επιπτώσεις των κλιματικών παραγόντων στα οδοστρώματα.

ΣΤΡΩΣΗ	ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ						
		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ		ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ		ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	ΠΑΓΕΤΟΣ	
		ΑΠΟΛΥΤΗ ΤΙΜΗ	ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ	ΙΣΟΖΥΓΙΟ	ΥΓΡΑΣΙΑ		ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΑΓΕΤΟΥ	ΚΥΚΛΟΙ/ ΕΤΟΣ
Επιφανειακές Στρώσεις	Ασφαλτικά	*	*		*	*		*
	Σκυρόδεμα		*		*	*		*
Βάση και Υπόβαση	Θραυστά			*			(*)	
	Ασφαλτικά	*				*		
	Σταθεροποιημένα		*					
Υπέδαφος				*			*	

Εικόνα 24. Επιπτώσεις κλιματικών παραγόντων στα οδοστρώματα (Κατά Μουρατίδη)

**δ) Η επίδραση του ανέμου.** Η συμβολή του ανέμου στις κλιματικές συνθήκες που επιδρούν στα οδοστρώματα δεν έχει μελετηθεί επαρκώς. Εξαιτίας της τριβής του ανέμου πάνω στην επιφάνεια (Φλόκας Α., 1990) του οδοστρώματος πιθανόν να επέρχεται κάποιο είδος φθοράς. Το θετικό στοιχείο του ανέμου είναι ότι συμβάλλει στην εξάτμιση του ύδατος από το οδόστρωμα προσφέροντας στη γρηγορότερη αποστράγγισή του (Εσκίογλου Π., 1991).

### **Το έδαφος.**

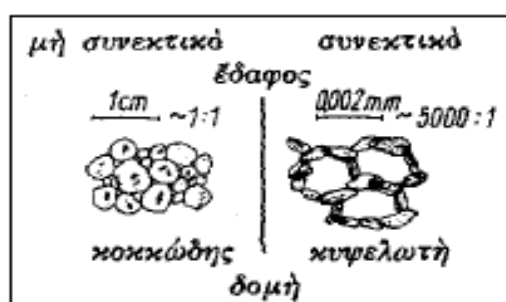
Έδαφος χαρακτηρίζεται το θεμελιακό υλικό των οδοστρωμάτων όπως και των περισσότερων δομικών έργων που κατασκευάζονται από τον άνθρωπο, ή ακόμη, έδαφος είναι όλα εκείνα τα υλικά, ανόργανα και οργανικά, που περιβάλλουν τον πετρώδη φλοιό της γης υπό μορφή χαλαρών ή μαλακών εναποθέσεων. Τα εδάφη όλου του πλανήτη προέρχονται από αποσάθρωση των πετρωμάτων ή από σήψη και αποσύνθεση της βλάστησης (Νικολαΐδης Α., 1996).



Το κύριο γνώρισμα για την κατάταξη των εδαφών με κριτήρια της Εδαφομηχανικής και της Τεχνικής των κατασκευών, είναι το μέγεθος και το σχήμα του κόκκου. Έτσι διακρίνουμε μη συνεκτικά και συνεκτικά εδάφη.

Μη συνεκτικά εδάφη ονομάζονται τα εδάφη εκείνα τα οποία σε ξηρή κατάσταση αποτελούν μίγμα σωματιδίων χωρίς συνοχή, που εφάπτονται μόνο σε μικρές επιφάνειες (κοκκώδη δομή) χωρίς δυνάμεις αμοιβαίας έλξης (συνοχή).

Συνεκτικά εδάφη ονομάζονται τα εδάφη εκείνα τα οποία σχηματίζουν ακόμη και σε ξηρή κατάσταση μια συνεκτική μάζα με δυνάμεις συνοχής και εμφανίζουν κυψελωτή δομή (Stiegler W., 1977) (εικόνα 25).



Εικόνα 25. Δομή του εδάφους, μέγεθος και σχήμα κόκκων (Κατά STIEGER)

Τα φυσικά εδάφη ταξινομούνται σε βασικές γενικές ομάδες ή υποομάδες, συναρτήσει του μεγέθους του κόκκου. Οι βασικές ομάδες εδαφών κατά φθίνουσα σειρά είναι: λίθοι, κροκάλες, χαλίκια, άμμος, ιλύς και άργιλος (Νικολαΐδης Α., 1996). Στην εικόνα 33 φαίνονται οι διαστάσεις των κόκκων ανά ομάδες και υποομάδες κατά AASHTO (1980) και ASTM (1969).

Γενικές Ομάδες/ υποομάδες	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 - 2.00
- μεσαία	2.00 - 0.475	2.00 - 0.475
- λεπτόκοκκη	0.475 - 0.075	0.475 - 0.075
Ιλύς	0.075 - 0.002	< 0.075
Άργιλος	< 0.002	-
Κολλοειδές	< 0.001	-

Εικόνα 26. Γενικές ομάδες εδαφών συναρτήσει του μεγέθους του κόκκου (Κατά AASHTO, ASTM)

Οι κροκάλες, τα χαλίκια και η άμμος είναι κοκκώδη εδάφη των οποίων οι κόκκοι δεν έχουν καθόλου ή σχεδόν καθόλου συνοχή μεταξύ τους. Η ιλύς είναι έδαφος με λεπτούς κόκκους οι οποίοι έχουν κάποια συνοχή. Η άργιλος είναι πολύ λεπτόκοκκο έδαφος κολλοειδούς μορφής.

Σε ένα έδαφος θα πρέπει να προηγείται πάντα της κατασκευής του οδοστρώματος εδαφομηχανική μελέτη. Η εδαφομηχανική μελέτη κατά Στεργιάδη (1989) περιλαμβάνει την αναγνώριση του εδάφους με εργασίες συλλογής στοιχείων, γεωτεχνικές έρευνες, εργαστηριακές έρευνες και δοκιμές επί του εδάφους.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.

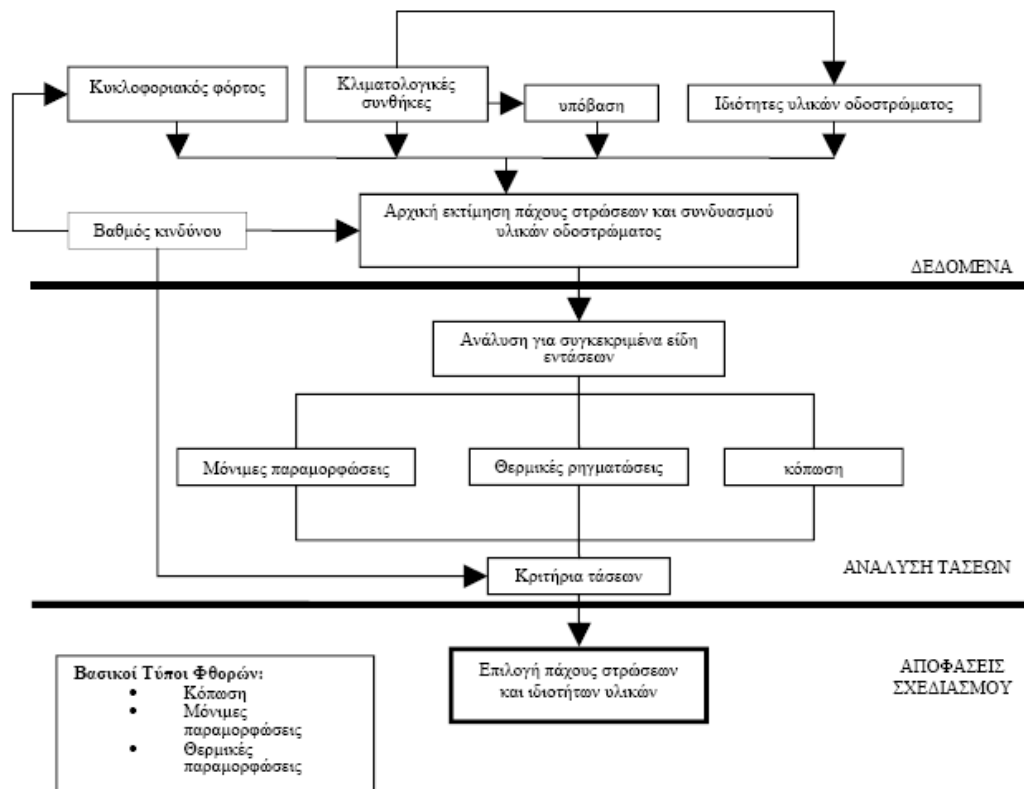
### 2.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΜΑΚΡΑΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ

Η βασική απαίτηση του σχεδιασμού οδοστρωμάτων μακράς διάρκειας είναι μια ασφαλική στρώση από θερμό ασφαλτόμιγμα με επαρκές πάχος τοποθετημένη πάνω σε μια στερεή θεμελίωση η οποία μειώνει τις τάσεις που προέρχονται από τη βάση του οδοστρώματος και τελικά απαιτούν δαπανηρή συντήρηση για να αποκατασταθούν ικανοποιητικά. Κατασκευαστικά, το οδόστρωμα θα πρέπει να έχει τον κατάλληλο συνδυασμό δυσκαμψίας – πάχους έτσι ώστε να αντιστέκεται στις παραμορφώσεις των υλικών θεμελίωσης ή των υποκείμενων στρωμάτων και κατά συνέπεια οι βλάβες οι οποίες παρουσιάζονται να μην οφείλονται σε κατασκευαστικές ή υλικές ανεπάρκειες. Τελικά, οι ασφαλικές στρώσεις θα πρέπει να έχουν αρκετό πάχος και τις κατάλληλες ιδιότητες τέτοιες ώστε να αντιστέκονται στις ρωγμές λόγω κόπωσης που προέρχονται από τη βάση της κατασκευής.

Μέχρι πρόσφατα οι περισσότερες μεθοδολογίες σχεδιασμού δεν λάμβαναν υπ' όψιν την συνεισφορά του κάθε στρώματος στην αντίσταση κατά των ρωγμών, των παραμορφώσεων, και των ρηγματώσεων λόγω θερμοκρασίας στην κατασκευή. Αφού το κάθε στρώμα έχει τον δικό του μοναδικό ρόλο στην συμπεριφορά και απόδοση του οδοστρώματος, μια βελτιωμένη μέθοδος σχεδιασμού απαιτείται για την ανάλυση του κάθε στρώματος ξεχωριστά. Οι παλαιότερες εμπειρικές μέθοδοι όπως η California Bearing Ratio CBR ή η μέθοδος της American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) δεν μπορούν να λάβουν υπ' όψιν την συνεισφορά διαφορετικών ασφαλικών μιγμάτων σε ένα οδόστρωμα, αλλά η μηχανιστική εμπειρική μέθοδος μπορεί.

Οι μηχανιστικές τεχνικές για τον σχεδιασμό ασφαλικών οδοστρωμάτων είναι γνωστές από το 1960 αν και έγιναν ευρέως γνωστές και εφαρμόστηκαν τις δεκαετίες 1980 και 1990. Η μεθοδολογία σχεδιασμού είναι περίπου η ίδια όπως και οι μεθοδολογίες που χρησιμοποιούν οι μηχανικοί και σε άλλες

κατασκευές όπως γέφυρες, κτίρια και φράγματα. Ειδικότερα, οι αρχές της μηχανικής χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό της απόκρισης του οδοστρώματος σε διάφορες κλιματολογικές συνθήκες και φορτίσεις. Γνωρίζοντας τα κρίσιμα σημεία της κατασκευής είναι δυνατόν, επιλέγοντας τα κατάλληλα υλικά και πάχη των στρώσεων, να σχεδιαστεί έτσι ώστε να έχει την απαιτούμενη αντοχή για να μπορεί να αντιμετωπίσει τους διάφορους τύπους φθορών και αστοχιών. Στην περίπτωση των οδοστρωμάτων μακράς διάρκειας, απαιτείται η παροχή αρκετής δυσκαμψίας στις ανώτερες ασφαλικές στρώσεις για να αποφευχθούν οι παραμορφώσεις και οι ρηγματώσεις και αρκετό συνολικό πάχος στρώσεων και ευκαμψία στις κατώτερες στρώσεις για να αποφευχθούν οι ρωγμές λόγω εφελκυστικής καταπόνησης και της κάθετης θλιπτικής τάσης στην κορυφή της υπόβασης. Επιπλέον δύο ακόμη κριτήρια χρησιμοποιούνται για τον μηχανιστικό εμπειρικό υπολογισμό του πάχους σχεδιασμού.



Εικόνα 27. Μεθοδολογία μηχανιστικού σχεδιασμού

Το ένα βασίζεται στην ελαχιστοποίηση των φθορών που θα εμφανιστούν στην επιφάνεια κάτω από την επίδραση των φορτίων και το άλλο είναι βασισμένο στον περιορισμό του μέτρου ελαστικότητας (το οποίο είναι μέτρο της ικανότητας διάχυσης των φορτίων) μεταξύ δυο συνεχόμενων ασύνδετων στρώσεων οδοστρώματος. Ενδεικτικά αναφέρεται η μεθοδολογία σχεδιασμού που ανέπτυξαν το 1992 οι Monismith και Long η οποία προτείνει ότι η οριακή εφελκυστική παραμόρφωση στη βάση των ασφαλτικών στρωμάτων δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 60με (μικρά) και στην κορυφή της υπόβασης η κατακόρυφη θλιπτική παραμόρφωση πρέπει να μειωθεί στα 200με. Παρακάτω παρουσιάζεται η μηχανιστική θεωρία σχεδιασμού που ανέπτυξαν όπου οι ιδιότητες του υλικού, οι κλιματολογικές συνθήκες και η απόδοση είναι συνδυασμένες στον καθορισμό του απαιτούμενου τμήματος της κατασκευής του οδοστρώματος.

Ο μηχανιστικός σχεδιασμός χρησιμοποιείται από πολλές υπηρεσίες σαν μια βελτιωμένη και αξιόπιστη μέθοδος ανάλυσης οδοστρωμάτων και υπολογισμού του μεγέθους και της επιρροής των αλλαγών στα υλικά και στα κυκλοφοριακά φορτία. Τελικά οποιαδήποτε μεθοδολογία χρησιμοποιηθεί, θα πρέπει να είναι σύμφωνη με τις αρχές και τις ιδιότητες που διέπουν τα οδοστρώματα μακράς διάρκειας, συμπεριλαμβανομένου και της επιρροής του ορίου κόπωσης στις συνδετικές στρώσεις για κατακόρυφες από κάτω προς τα πάνω ρηγματώσεις που προέρχονται από φορτία αλλά και τον περιορισμό των κατασκευαστικών παραμορφώσεων. Η διαδικασία που ακολουθείται, επιπλέον, θα πρέπει να βασίζεται περισσότερο στον σχεδιασμό με βάση την μέγιστη ένταση και λιγότερο στον σχεδιασμό με βάση την κρίσιμη παραμόρφωση ή τις κρίσιμες φθορές.

## 2.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΜΑΚΡΑΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ

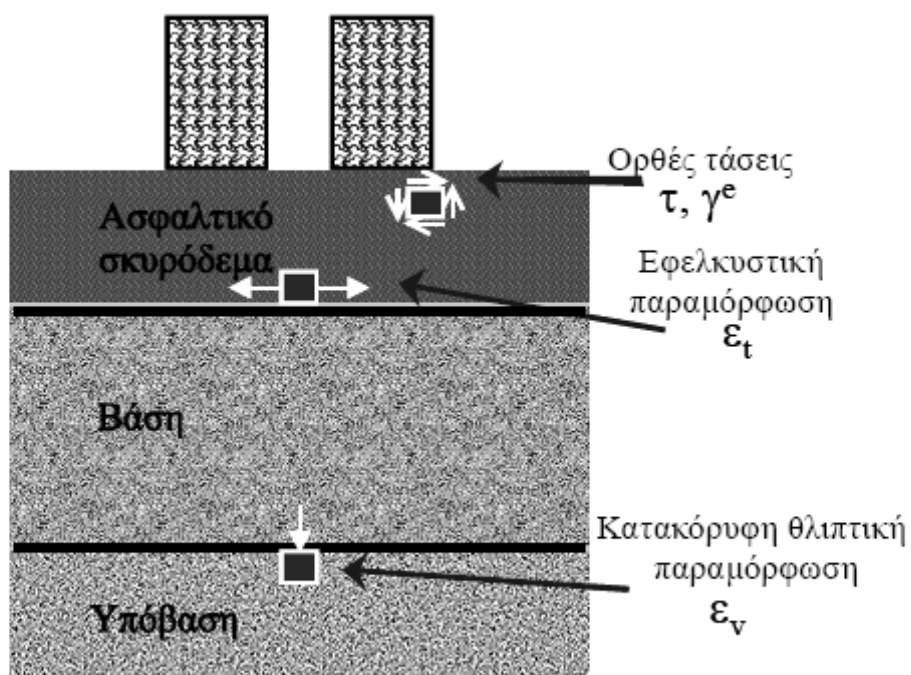
Τα οδοστρώματα μακράς διάρκειας προσφέρουν την δυνατότητα στους μελετητές να σχεδιάζουν για ειδικές περιπτώσεις εντάσεων. Αυτό έχει σαν συνέπεια να έχουν και την δυνατότητα χρησιμοποίησης διαφορετικών υλικών και διαφορετικού σχεδιασμού μιγμάτων για κάθε ασφαλική στρώση. Τα χαρακτηριστικά αυτών των μιγμάτων πρέπει να είναι τα βέλτιστα έτσι ώστε να εξασφαλίζουν επαρκή αντίσταση στις παραμορφώσεις, στις ρηγματώσεις και σε όλα τα είδη των φθορών που ενδέχεται να εμφανιστούν. Σε όλες τις στρώσεις κύριος στόχος αποτελεί η εξασφάλιση της ανθεκτικότητας. Η θεμελίωση πρέπει να είναι ικανή να παραλάβει τα φορτία κυκλοφορίας αλλά και τα φορτία λόγω της επαφής με τις ανώτερες στρώσεις. Υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αυτό το στρώμα είναι αμμώδη ή μίγμα αμμωδών με αδρανή μεγαλύτερης κοκκομετρικής διαβάθμισης υποβάσεις, σταθεροποιημένα υλικά με μικρή κοκκομετρική διαβάθμιση, χονδρόκοκκα αδρανή ή ακόμα και σκυρόδεμα. Επίσης, η στρώση αυτή πρέπει να είναι καλά συμπακνωμένη, λεία και σταθερή για να υποστηρίξει τα κυκλοφοριακά φορτία.

Η ασφαλική στρώση βάσης του οδοστρώματος θα πρέπει να κατασκευαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να παρουσιάζει αντίσταση στις ρωγμές λόγω κόπωσης από κάμψη κάτω από την επίδραση επαναλαμβανόμενων κυκλοφοριακών φορτίων. Άρα το ασφαλικό μίγμα που θα χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να έχει αυξημένη συνοχή και επαρκή ευκαμψία. Ένας άλλος παράγοντας που θα συντελούσε στην μείωση των εφελκυστικών τάσεων στη βάση της ασφαλικής στρώσης θα ήταν και ο σχεδιασμός του πάχους της με τέτοιο τρόπο ώστε η καμπτική τάση στο τέλος του ασφαλικού στρώματος να μειωνόταν σε σημείο που να γινόταν μικρότερη από το όριο αντοχής του ασφαλικού μίγματος.

Το ενδιάμεσο ασφαλικό στρώμα θα πρέπει να παρουσιάζει αντίσταση σε παραμορφώσεις μέσω της επαφής των αδρανών και της ανθεκτικότητας που προέρχεται από την σωστή επιλογή των υλικών και την καλή κοκκομετρική διαβάθμιση. Η αξιοποίηση της τριβής που αναπτύσσεται μεταξύ των τραχειών

επιφανειών των αδρανών καθώς και το κατάλληλο θερμό ασφαλτόμιγμα μπορούν να προσδώσουν στην ασφαλτική στρώση κυκλοφορίας την επιθυμητή σταθερότητα και αντοχή.

Η ανώτερη αντιολισθηρή ασφαλτική στρώση θα πρέπει να αντιστέκεται στις ρωγμές και παραμορφώσεις, στις ρηγματώσεις λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών, λόγω καιρικών και κλιματικών μεταβολών, πράγμα που επιτυγχάνεται με την χρησιμοποίηση των κατάλληλων ασφαλτομιγμάτων SMA ή Superpave πυκνής διαβάθμισης. Μια αντιολισθηρή στρώση από αδρανή ανοιχτού τύπου (ψηφίδες) και η χρησιμοποίηση μίγματος με μειωμένα συνολικά κενά αέρος εξασφαλίζει στεγανότητα της επιφάνειας του οδοστρώματος και ανανέωση αυτής. Τέλος η χρήση υψηλής ποιότητας αδρανές υλικό με μικρό συντελεστή λείανσης προσδίδει στην στρώση την απαιτούμενη φέρουσα ικανότητα και δυσκαμψία.



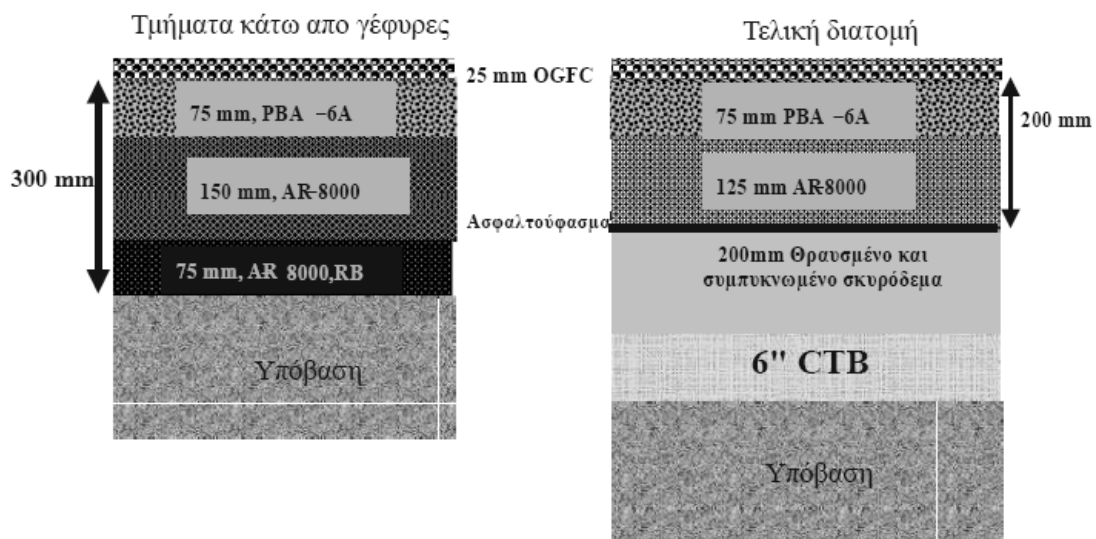
Ένας αριθμός από προσπάθειες ανάπτυξης και εφαρμογής οδοστρωμάτων μακράς διάρκειας βρίσκεται σε εφαρμογή σε διάφορες πολιτείες των Η.Π.Α. και στην Μεγάλη Βρετανία. Μέσα από αυτές τις προσπάθειες προκύπτουν

συνεχώς νέα δεδομένα, τρόποι σχεδιασμού και κατασκευαστικές οδηγίες για τα οδοστρώματα μακράς διάρκειας.

### California

Στη πολιτεία της Καλιφόρνια έχει κατασκευαστεί ο αυτοκινητόδρομος I 710 με τη εφαρμογή οδοστρωμάτων μακράς διάρκειας. Γνωστός και ως Long beach freeway, αυτός ο δρόμος είχε σχεδιαστεί για κυκλοφορία από 100 εκατομμύρια έως 200 εκατομμύρια ισοδύναμα μονοαξονικά φορτία και για περίοδο σχεδιασμού 40 ετών.

Το οδόστρωμα αποτελείτο από μια επιφανειακή στρώση από σκυρόδεμα πάχους 200 χιλιοστών, μια στρώση κυκλοφορίας από υλικό επεξεργασμένο με σκυρόδεμα, βάση αδρανών πάχους 100 χιλιοστών και υπόβαση από αδρανή πάχους 200 χιλιοστών. Ο σχεδιασμός απαιτούσε ότι η πλειοψηφία των επιφανειακών στρώσεων από σκυρόδεμα θα έπρεπε να θραυστεί, να συμπτυκνωθεί και πάνω από αυτήν να τοποθετηθεί στρώση 200 χιλιοστών καυτού ασφαλτομίγματος, ενώ παράλληλα τα τμήματα του οδοστρώματος από σκυρόδεμα καθώς και οι στρώσεις κυκλοφορίας κάτω από τις γέφυρες θα αφαιρεθούν και θα αντικατασταθούν από στρώση θερμού ασφαλτομίγματος πάχους 300 χιλιοστών. Τέλος στην επιφάνεια θα διαστρωθεί μια στρώση 25 χιλιοστών από ανοικτής διαβάθμισης προεπαλειμμένες ψηφίδες έτσι ώστε να εξασφαλιστεί μια καλή αντιολισθηρή επιφάνεια.





Όπως εικονίζεται και στο παραπάνω σχήμα, στις διατομές κάτω από τις γέφυρες η ασφαλική στρώση θα έχει πάχος 300 χιλιοστά και θα αποτελείται από 75 χιλιοστών πάχους κατώτερο στρώμα στο οποίο το ποσοστό της ασφάλτου θα αυξηθεί κατά 0.5% πάνω από το βέλτιστο 5.2 %. Το βελτιωμένο αυτό μίγμα μπορεί να αυξήσει την διάρκεια ζωής το οδοστρώματος μέχρι ένα ποσοστό. Το ενδιάμεσο στρώμα θα έχει πάχος 150 χιλιοστά και θα είναι κατασκευασμένο από αδρανή με την ίδια κοκκομετρική διαβάθμιση όπως και το μίγμα του κατώτερου στρώματος, αλλά το ποσοστό της ασφάλτου θα είναι 4.7 %. Το δύσκαμπτο ασφαλικό ενδιάμεσο στρώμα (AR-8000) θα συνεισφέρει στην απόκτηση αντοχής έναντι παραμορφώσεων. Το ανώτερο στρώμα της κατασκευής θα αποτελείται από τροποποιημένη με πολυμερή άσφαλο (PBA-6A) και θα βρίσκεται κάτω από μια στρώση 25 χιλιοστών με προεπαλειμμένες ψηφίδες ανοιχτής διαβάθμισης. Από δοκιμές αντοχής που έγιναν στα εργαστήρια βρέθηκε ότι το παραπάνω μίγμα παρουσιάζει λιγότερες από τις μισές παραμορφώσεις από άλλα ασφαλικά μίγματα.

Η συνολικού πάχους 200 χιλιοστών ασφαλική στρώση στις υπόλοιπες διατομές του αυτοκινητόδρομου θα υποστηρίζεται από την στρώση επικάλυψης για το θραυσμένο και συμπυκνωμένο σκυρόδεμα, η οποία θα παρέχει επαρκή δυσκαμψία και θα αποτρέπει τις καμπτικές παραμορφώσεις στη βάση της, άρα και την δημιουργία ρωγμών από την βάση προς την κορυφή. Ένα κορεσμένο με άσφαλο ύφασμα θα τοποθετηθεί σε ύψος 25 χιλιοστών από την στρώση σκυροδέματος για την προστασία έναντι ρωγμών. Όλα τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν πάνω από αυτό θα είναι τα ίδια με αυτά που περιγράφηκαν και παραπάνω.

Η κατασκευαστική επάρκεια των παραπάνω διατομών ελέγχθηκε μειώνοντας την καμπτική παραμόρφωση στο ασφαλτόμιγμα σε τιμές μικρότερες των 70 με και την κατακόρυφη τάση στην κορυφή της υπόβασης σε τιμές μικρότερες των 200με, κάτω από ένα μονοαξονικό φορτίο 80 kN. Η διατμητική τάση κοντά στην επιφάνεια του ασφαλτομίγματος ερευνήθηκε για να διασφαλιστεί ότι δεν προκαλούνται παραμορφώσεις λόγω των ασφαλτομιγμάτων. Η διατμητική τάση που προκαλούσε 5% μόνιμη παραμόρφωση ήταν 6 φορές μεγαλύτερη από αυτή που υπολογίστηκε για συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών στο πεδίο. Η κατασκευή αυτών των

οδοστρωμάτων άρχισε το καλοκαίρι του 2001 και ολοκληρώθηκε το καλοκαίρι του 2002.

## **Texas**

Η κατασκευή οδοστρώματος μακράς διάρκειας στον αυτοκινητόδρομο I-35 στην περιοχή Waco του Texas, άρχισε τον Αύγουστο του 2001. Το υπάρχον οδόστρωμα αφαιρέθηκε και αντικαταστάθηκε λόγω φθορών από υγρασία που είχαν παρουσιαστεί στα κατώτερα ασφαλικά στρώματα. Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που λήφθηκαν υπ' όψιν στον σχεδιασμό των υλικών ήταν η παρουσία διογκούμενων αργιλωδών εδαφών τα οποία εκτείνονταν μέχρι βάθους 4.6 μέτρων πάνω από ένα ασβεστολιθικό πέτρωμα. Είναι αναγκαίο να μειωθούν οι αλλαγές στην υγρασίας για αυτά τα υλικά καθώς αυτό θα περιόριζε της εποχιακές καθιζήσεις και μετακινήσεις στο οδόστρωμα. Αποφασίστηκε το θερμό ασφαλτόμιγμα που θα χρησιμοποιηθεί να έχει μικρή διαπερατότητα, πράγμα που θα βοηθούσε στη λύση του προβλήματος. Έτσι, μια στρώση κυκλοφορίας από θερμό ασφαλτόμιγμα με δείκτη κενών αέρος 2% επιλέχθηκε κατά το σχεδιασμό. Επίσης, αποφασίστηκε ότι ένα πλούσιο σε συνδετικό υλικό στρώμα θα βοηθούσε στην εξάλειψη των ρηγματώσεων κατά τα αρχικά στάδια λειτουργίας του οδοστρώματος. Το επίπεδο κυκλοφορίας για μια περίοδο σχεδιασμού 20 ετών αναμένεται να είναι 48 εκατομμύρια ισοδύναμοι τυπικοί άξονες, και η υπόβαση κατατάχθηκε σαν άργιλος με μέτρο ελαστικότητας 82.7 Mpa. Η συνολική κατασκευή, χωρίς να περιληφθεί η αντιολισθηρή στρώση με προεπαλειμμένες ψηφίδες (OGFC), είχε πάχος 480 χιλιοστά. Τα στρώματα αποτελούνταν από: 50 χιλιοστά στρώση SMA, κάτω από την ανώτερη στρώση OGFC, 80 χιλιοστά ενός μίγματος Superpave 19mm, μια στρώση πάχους 250 χιλιοστών μίγματος Superpave 25mm, και τελικά μια στρώση 100 χιλιοστών από αδιαπέρατο καυτό ασφαλτόμιγμα που συντελούσε στον εγκλωβισμό της υγρασίας στα υποκείμενα αργιλικά στρώματα. Τα τεστ απόδοσης για αυτά τα μίγματα περιλαμβάνουν έλεγχο παραμορφώσεων σε διάφορα ερευνητικά κέντρα, ενώ οι επί-τόπου δοκιμές έγιναν με όργανα όπως dynamic cone penetrometer, falling weight deflectometer, ground penetrating radar, portable seismic analyzer και προφιλόμετρα.

## **Kentucky**

Το Kentucky αναπτύξει τεχνογνωσία στην χρησιμοποίηση οδοστρωμάτων με ασφαλικές στρώσεις μεγάλου πάχους που καταλήγουν στην αυξημένη διάρκεια ζωής. Το τμήμα μεταφορών του Kentucky χρησιμοποιεί μια μηχανιστική εμπειρική μέθοδο σχεδιασμού που συνήθως έχει σαν αποτέλεσμα σχετικά μεγάλα πάχη σχεδιασμού ασφαλικών οδοστρωμάτων. Συνήθως αποτελούνται από στρώσεις πυκνά διαβαθμισμένων αδρανών πάχους 100 χιλιοστών (DGA, dense- graded aggregate) οι οποίες εδράζονται σε αργιλώδη εδάφη (μερικές φορές χημικά τροποποιημένα), και το ανώτερο στρώμα αποτελεί μια ασφαλική στρώση. Σε εργασίες συντήρησης κομμάτια από θραυσμένα και συμπυκνωμένα ασφατικά οδοστρώματα χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με ένα μεγάλου πάχους ασφατικό στρώμα. Οι μηχανιστικές αναλύσεις δείχνουν ότι τα οδοστρώματα που κατασκευάζονται σύμφωνα με τις προδιαγραφές του Kentucky είναι ανθεκτικά σε παραμορφώσεις 70με. Το 2000, αποφασίστηκε η συντήρηση του αυτοκινητόδρομου I-64 στην περιοχή Louisville που περιελάμβανε την αποκατάσταση 5.3 χιλιομέτρων (δύο λωρίδες κυκλοφορίας). Ο αυτοκινητόδρομος εξυπηρετούσε καθημερινά 100000 οχήματα με ποσοστό φορτηγών περίπου 10%. Ο σχεδιασμός με ένα μηχανιστικό εμπειρικό σύστημα κατέληξε στο τελικό πάχος σχεδιασμού ασφαλικής στρώσης 280 χιλιοστών, πράγμα που ικανοποιούσε τον περιορισμό όσον αφορά της παραμορφώσεις(<70με) αλλά και το μέτρο ελαστικότητας. Η ασφαλική στρώση αποτελούνταν από ένα πυκνά διαβαθμισμένο superpave μίγμα με τροποποιημένη με πολυμερή άσφαλτο (βαθμός διείσδυσης 76-22) στις άνω στρώσεις.

Ένα παρόμοιο έργο στον αυτοκινητόδρομο I-65 το οποίο πρόσφατα ολοκληρώθηκε ήταν η αποκατάσταση και η διαπλάτυνση ενός ήδη υπάρχοντος δύσκαμπτου οδοστρώματος στην περιοχή Bowling Green. Τα θραυσμένα και συμπυκνωμένα τμήματα του δύσκαμπτου οδοστρώματος καλύφθηκαν από μια στρώση 280 χιλιοστών θερμού ασφαλτομίγματος, ενώ στις άκρες του δρόμου όπου πρέπει να γίνει η διαπλάτυνση επιλέχθηκε μια

ασφαλτική στρώση 380 χιλιοστών. Η τακτική συντήρησης προέβλεπε επικάλυψη 90 χιλιοστών σε 20 χρόνια από το έτος κατασκευής και ελαφριές (40 χιλιοστά) αντικαταστάσεις της επιφάνειας κατά τη διάρκεια της 40ετούς περιόδου ανάλυσης. Τα μίγματα που χρησιμοποιούνται είναι πυκνής κοκκομετρικής διαβάθμισης Supergrane χρησιμοποιώντας ασφαλτόμιγμα με βαθμό διείδυσης 76-22 στα ανώτερα στρώματα. Τέλος η παρουσία ενός δύσκαμπτου υποκείμενου στρώματος θραυσμένου και συμπυκνωμένου σκυροδέματος θα αποτρέψει την εμφάνιση ρωγμών κάμψης στο ασφαλτικό στρώμα.

### **Μεγάλη Βρετανία**

Οι πρακτικές που ακολουθήθηκαν και αναπτύχθηκαν στο παρελθόν στην Μεγάλη Βρετανία είχαν ως στόχο το σχεδιασμό ενός εύκαμπτου οδοστρώματος με διάρκεια ζωής 40 ετών και μια προγραμματισμένη συντήρηση της αρχικής του επιφάνειας σε 20 χρόνια από την κατασκευή του. Τα σύγχρονα στοιχεία δείχνουν ότι θα ήταν πιο οικονομικό και ιδιαίτερα από άποψη κόστους καθυστέρησης, ο σχεδιασμός να γίνεται έτσι ώστε το οδόστρωμα να παραμένει κατασκευαστικά επαρκές για 40 χρόνια. Έτσι θα χρειάζεται μόνο μια περιοδική αντικατάσταση της επιφάνειας του.

Το κατασκευαστικό μέρος για τα οδοστρώματα μακράς διάρκειας στην Αγγλία προϋποθέτει την κατασκευή μιας μεγάλου πάχους ασφαλτικής στρώσης πάνω από μια κοκκώδη βάση και υπόβαση. Το πάχος της ασφάλτου είναι τέτοιο που να αποτρέπει την εμφάνιση ρηγματώσεων από το κάτω μέρος προς τα πάνω λόγω κόπωσης και την εμφάνιση παραμορφώσεων. Έχει διαπιστωθεί πειραματικά ότι οδοστρώματα με πάχος ασφαλτικής στρώσης λιγότερο από 180 χιλιοστά είναι ευπαθή σε κατασκευαστικές παραμορφώσεις, ενώ οι παραμορφώσεις σε μεγαλύτερου πάχους στρώσεις περιορίζονται στην κορυφή. Οι φθορές συμβαίνουν μόνο στα πρώτα 100 χιλιοστά των παχιών ασφαλτικών οδοστρωμάτων στην Αγγλία. Στο παρακάτω σχήμα εικονίζεται η ρύθμιση του πάχους της ασφαλτικής στρώσης σε συνάρτηση με το είδος και την δυσκαμψία του μίγματος. Μια τυπική πυκνή ασφαλτική στρώση βάσης χρειάζεται να κατασκευαστεί με άσφαλο με δείκτη διείδυσης 100.

Η χρήση υπερβολικά δύσκαμπτων μιγμάτων επιτρέπει τον σχεδιασμό λεπτότερων στρώσεων σύμφωνα με την Βρετανική μεθοδολογία. Ωστόσο οι Βρετανοί ερευνητές έχουν θεσπίσει ένα ανώτερο όριο για το πάχος της ασφαλικής στρώσης βασισμένο πάνω στις παρατηρούμενες εντάσεις. Μελέτες πάνω στους Βρετανικούς δρόμους δείχνουν ότι επιπλέον πάχος ασφαλικής στρώσης πέρα από αυτής που απαιτείται για 80 εκατομμύρια ισοδύναμα μονοαξονικά φορτία δεν θα έχουν κανένα όφελος στην κατασκευή.

## 2.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΜΑΚΡΑΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΜΕ ΚΟΙΝΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ

Τα οδοστρώματα μακράς διάρκειας σε σχέση με τα κοινά οδοστρώματα έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής κατασκευής. Ο τρόπος με τον οποίο σχεδιάζονται και κατασκευάζονται τα οδοστρώματα μακράς διάρκειας είναι τέτοιος που να τους προσδίδει ικανοποιητική αντοχή στο χρόνο. Πιο συγκεκριμένα ο σχεδιασμός απαιτεί την επιλογή των κατάλληλων μιγμάτων έτσι ώστε να μην παραμορφώνονται ή να ρηγματώνονται κάτω από θερμοκρασιακές μεταβολές και τον σχεδιασμό των παχών των στρώσεων έτσι ώστε να έχουν επαρκή δομική αντοχή και δυσκαμψία για να μειώνονται οι παραμορφώσεις που προκαλούνται από τα κυκλοφοριακά φορτία κάτω από ένα καθορισμένο όριο. Πάχη ασφαλικών στρώσεων μεγαλύτερα από 160 χιλιοστά θεωρούνται ότι μπορούν να εκπληρώσουν τις απαιτήσεις οδοστρωμάτων μακράς διάρκειας. Βασική απαίτηση αποτελεί και ο σχεδιασμός μιας πολύ ανθεκτικής και «ανανεώσιμης» (με περιοδική αντικατάσταση-ανανέωση αν αυτή απαιτείται) επιφάνειας. Όλα τα παραπάνω στοιχεία σε συνδυασμό και με τις απαιτήσεις που πρέπει να πληρεί το έδαφος θεμελίωσης, όπως η επαρκής αποστράγγιση έτσι ώστε να αποφεύγονται τα προβλήματα που δημιουργούνται από την υγρασία στις κατώτερες στρώσεις, τα οποία μπορούν να επιδεινώσουν σημαντικά και την κατάσταση της επιφάνειας και των άλλων στρώσεων του οδοστρώματος. Επιπλέον η υγρασία έχει μια σημαντική επίδραση και στην αλλοίωση του μέτρου ελαστικότητας των στρώσεων. Επίσης πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν η αλλαγή των ιδιοτήτων θεμελίωσης ανάλογα με τη αλλαγή των εποχών έτσι ώστε οι εντάσεις σε αυτά να μην υπερβαίνουν κάποια όρια κατά τα κρίσιμα διαστήματα στην διάρκεια ενός έτους και τελικά να λαμβάνονται υπ' όψιν ειδικές συνθήκες σχεδιασμού όπως η ευαισθησία των εδαφών στον πάγο, οι φθορές που μπορεί να προκαλέσει η τήξη του πάγου, τα διογκούμενα εδάφη.

Τα μίγματα που επιλέγονται για την κατασκευή των επιφανειακών στρώσεων στα οδοστρώματα μακράς διάρκειας είναι σχεδιασμένα με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε όχι μόνο να αντιστέκονται σε ρωγμές και παραμορφώσεις, αλλά και σε περίπτωση που εμφανιστούν να εμποδίσουν την διάδοση τους σε

μεγάλο βάθος μέσα στην κατασκευή. Οι αναλογίες των υλικών, η περιεκτικότητα σε ασφαλτο, η κοκκομετρική διαβάθμιση και το είδος των αδρανών συνδυάζονται με τον κατάλληλο τρόπο με σκοπό να προκύψει το κατάλληλο μίγμα για την επιφανειακή στρώση. Πολλές φορές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και περισσότερα του ενός μίγματα σε στρώσεις με σκοπό την επίτευξη ενός όσο το δυνατόν καλύτερου αποτελέσματος ενάντια στις φθορές. Σημαντική ιδιότητα των παραπάνω ασφαλτομιγμάτων είναι ότι μπορούν εύκολα να αποξεσθούν και να αντικατασταθούν από νέα σε περίπτωση που λόγω των παραμορφώσεων και των ρηγματώσεων το επίπεδο εξυπηρέτησης πέφτει κάτω από τα επιθυμητά όρια. Σε αντίθεση, λοιπόν, με τα κοινά οδοστρώματα (εύκαμπτα-δύσκαμπτα) όπου σε περίπτωση εμφάνισης εκτεταμένων φθορών χρειάζονται ριζικές επεμβάσεις μέχρι και αντικατάσταση και ανακατασκευή των βαθύτερων στρωμάτων του οδοστρώματος (βάση, υπόβαση), στα οδοστρώματα μακράς διάρκειας αρκεί μια απόξεση της επιφανειακής στρώσης σε βάθος 100-150 χιλιοστά και στη συνέχεια αντικατάσταση της με το κατάλληλο ασφαλτόμιγμα.

Σημαντικός παράγοντας που χαρακτηρίζει την ποιότητα ενός οδοστρώματος είναι η ομαλότητα της επιφάνειάς του. Η λείανση δεν επιδρά στην επιδείνωση της δομικής κατάστασης αλλά περισσότερο σε επίπεδο ασφάλειας και εξυπηρέτησης. Τα μίγματα που χρησιμοποιούνται στις αντιολισθηρές στρώσεις οδοστρωμάτων μακράς διάρκειας είναι ανθεκτικά στην λείανση των επιφανειακών αδρανών, και πολλές φορές μπορούν να χρησιμοποιηθούν ειδικές στρώσεις επάλειψης, μικρού πάχους, με σκοπό την βελτίωση της αντιολισθηρότητας της επιφανειακής στρώσης. Επειδή η παρουσία του νερού επιδεινώνει την κατάσταση όσον αφορά την λείανση της επιφάνειας, πολλές φορές χρησιμοποιούνται και αντι-υδρόφιλα υλικά σε αυτές τις στρώσεις. Το φαινόμενο της ανάδυσης της ασφάλτου μπορεί επίσης να προκαλέσει προβλήματα ολισθηρότητας και για αυτό το λόγο, σε αντίθεση με τα κοινά οδοστρώματα, στα οδοστρώματα μακράς διάρκειας το φαινόμενο αυτό είναι περιορισμένο, λόγω των σύγχρονων υλικών που χρησιμοποιούνται.

Η καλή κατάσταση των επιφανειακών στρώσεων αλλά και των κατώτερων στρωμάτων εξασφαλίζει το ελάχιστο δυνατό κόστος των χρηστών του οδοστρώματος. Αυτό σημαίνει ότι παρουσιάζεται μικρότερο κόστος φθοράς

των οχημάτων κατά την κυκλοφορία τους, μικρότερη κατανάλωση καυσίμων και κατά συνέπεια ελαχιστοποίηση των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Οι εργασίες συντήρησης επίσης αν και απαιτούν βαριά μηχανήματα γίνονται σε μεγάλα χρονικά διαστήματα (κάθε 20 χρόνια) και για αυτό το λόγο οι επιπτώσεις στο περιβάλλον κατά τη διάρκεια των εργασιών είναι μειωμένες. Η ηχορύπανση τόσο κατά τη διάρκεια της κατασκευής όσο και κατά τη διάρκεια λειτουργίας του έργου είναι σε επιθυμητά όρια, λόγω της χρήσης προηγμένων ασφαλτομιγμάτων που μειώνουν τον θόρυβο που προκαλείται από την επαφή των ελαστικών με το οδόστρωμα. Τέλος όλα τα υλικά που προκύπτουν από την συντήρηση είναι ανακυκλώσιμα και έτσι μειώνεται ακόμα περισσότερο η επιβάρυνση του περιβάλλοντος.

Οι εργασίες συντήρησης για ένα οδόστρωμα μακράς διάρκειας περιλαμβάνουν απομάκρυνση της επιφανειακής του στρώσης μέχρι βάθους 100 χιλιοστών (οι περισσότερες φθορές περιορίζονται σε αυτό το βάθος και αντικατάσταση της με νέα ίδιου ή και μεγαλύτερου πάχους. Εργασίες συντήρησης σύμφωνα με τον σχεδιασμό προβλέπεται να γίνονται κάθε 20 χρόνια και θα έχουν την παραπάνω μορφή. Σε αντίθεση με τα κοινά οδοστρώματα τα οποία ενδέχεται να χρειαστούν νωρίτερα συντήρηση και το είδος αυτής θα είναι μεγαλύτερο σε έκταση από μια απλή αντικατάσταση της επιφανειακής στρώσης. Στον παρακάτω πίνακα γίνεται μια σύγκριση κοινών οδοστρωμάτων με οδοστρώματα μακράς διάρκειας σε ένα δίκτυο ως προς τη διάρκεια ζωής του έργου. Ανάλογα είναι και τα αποτελέσματα όσον αφορά το κόστος των επεμβάσεων.



Δίκτυο με κοινά οδοστρώματα

Μίλια τμημάτων ενός δικτύου αυτοκινητοδρόμων	Χρόνια μέχρι την επόμενη συντήρηση	Χρόνια συντήρησης στα τμήματα
100	5	500 yr-mi
100	10	1000 yr-mi
100	15	1500 yr-mi
		Total= 3000 yr-mi

Μέσος χρόνος συντήρησης κάθε μιλίου:  $3000/300=10$  έτη

Αν το 1/3 του δικτύου είχε οδοστρώματα μακράς διάρκειας

Μίλια τμημάτων ενός δικτύου αυτοκινητοδρόμων	Χρόνια μέχρι την επόμενη συντήρηση	Χρόνια συντήρησης στα τμήματα
100	5	500 yr-mi
100	10	1000 yr-mi
100	40	4000 yr-mi
		Total= 5500 yr-mi

Μέσος χρόνος συντήρησης κάθε μιλίου:  $5500/300=18,33$  έτη

Σχεδόν διπλασιάζει τη χρήσιμη διάρκεια ζωής του δικτύου

## 2.4 ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΜΑΚΡΑΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ

Τα τελευταία χρόνια παράγοντες όπως η ραγδαία αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου και του μεγέθους των φορτίων των αξόνων, οι υψηλότερες απαιτήσεις των χρηστών των οδών για άνετη οδήγηση καθώς και η αποφυγή της ενοχλητικής αναστάτωσης της κυκλοφορίας που προκαλείται κατά τη διάρκεια των εργασιών συντήρησης των οδοστρωμάτων έκριναν επιτακτική την ανάγκη βελτίωσης της ασφάλτου και κατ' επέκταση της κατασκευής των οδοστρωμάτων. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την εμφάνιση υλικών, κυρίως ασφαλτικών, τα οποία θα είχαν τα κατάλληλα χαρακτηριστικά έτσι ώστε να ικανοποιούν τις ανωτέρω απαιτήσεις. Η πρόδος που επιτεύχθηκε επικεντρώθηκε στην μείωση της ευπάθειας της ασφάλτου στις θερμοκρασιακές μεταβολές και παράλληλα στην αύξηση του μέτρου δυσκαμψίας της και κατά συνέπεια τη βελτίωση της ελαστικότητας και της συγκολλητικής της ικανότητας. Δηλαδή υπό την επίδραση υψηλών θερμοκρασιών η ασφαλτος δεν «μαλακώνει», δεν εμφανίζει ρωγμές όπως επίσης και δεν θραύεται σε χαμηλές θερμοκρασίες. Τέλος ένα επίσης απαραίτητο στοιχείο που πρέπει να παρουσιάζει μία ασφαλτος κατάλληλη για την κατασκευή οδοστρωμάτων μακράς διάρκειας είναι η καλύτερη πρόσφυση με τα αδρανή.

Χαρακτηριστικά αναφέρονται δυο κύριες κατηγορίες ασφαλτικών υλικών που χρησιμοποιούνται συχνά στην κατασκευή, ή τροποποιημένη ασφαλτος και τα θερμά ασφαλτομίγματα. Κάθε κατηγορία από τις παραπάνω περιέχει και πληθώρα ειδών ασφάλτου, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κάθε περίπτωση και όπου οι συνθήκες το απαιτούν. Τροποποιημένη ασφαλτος είναι η ασφαλτος της οποίας οι χαρακτηριστικές ιδιότητες έχουν τροποποιηθεί με την προσθήκη χημικών ή φυσικών ουσιών. Με τη βελτίωση που επέρχεται στις ιδιότητες της ασφάλτου βελτιώνεται και η αντίστοιχη συμπεριφορά του μίγματος της ασφάλτου με τα αδρανή και κατά συνέπεια η ποιότητα της κατασκευής. Η τροποποιημένη ασφαλτος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλο το φάσμα των ασφαλτικών εργασιών, δηλαδή για την παραγωγή ασφαλτομιγμάτων (θερμών ή ψυχρών), για την κατασκευή των

ασφαλτικών στρώσεων, για ασφαλικές επαλείψεις κ.α. Θερμό ασφαλτόμιγμα ορίζεται το μίγμα ασφάλτου και μίγματος αδρανών που παράγεται "εν θερμώ" σε μόνιμη εγκατάσταση. Η κοκκομετρική καμπύλη των αδρανών καθώς και ο μέγιστος κόκκος αυτών, καθορίζουν τον τρόπο που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορους τύπους ασφαλικών έργων. Τα ασφαλτομίγματα θα πρέπει να έχουν τη δυνατότητα αντίστασης στην παραμένουσα παραμόρφωση και στις ρηγματώσεις από κόπωση, να έχουν συνεισφορά στη φέρουσα ικανότητα του οδοστρώματος, να είναι αδιαπέρατα από νερό και να παρουσιάζουν καλή εργασιμότητα κατά τη διάστρωση. Ορισμένοι από τους πιο χαρακτηριστικούς τύπους ασφάλτων που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή οδοστρωμάτων μακράς διάρκειας είναι τα ασφαλτομίγματα Macadam (πυκνής, ανοικτής και μέσης κοκκομετρικής διαβάθμισης), τα ασφαλτομίγματα Gussasphalt, τα θερμά κυλινδρούμενα ασφαλτομίγματα (Hot Rolled Asphalt, HRA) και τα Stone Mastic Asphalt (SMA).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.

### 3.1 ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ «ECOLANES»

Το ερευνητικό πρόγραμμα «EcoLanes» χρηματοδοτήθηκε για τρία χρόνια (2006-09) από το θεματικό τομέα προτεραιότητας «Sustainable Surface Transport» τουδου προγράμματος πλαισίου της Ευρωπαϊκής Κοινότητας. Οι εργασίες του προγράμματος άρχισαν τον Οκτώβριο του 2006 και η κοινοπραξία του αποτελείτο από έντεκα εταίρους που προέρχονταν από έξι Ευρωπαϊκές χώρες: τέσσερα πανεπιστήμια, τρεις βιομηχανικούς εταίρους, την Ευρωπαϊκή ένωση για την ανακύκλωση των ελαστικών και τρεις τελικούς χρήστες. Ο συντονιστής του προγράμματος ήταν το Πανεπιστήμιο του Sheffield και περιλάμβανε το Τμήμα Δημόσιων Έργων της Κύπρου και το Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου. Ο κύριος στόχος του «EcoLanes» ήταν η ανάπτυξη οδοστρωμάτων σκυροδέματος χρησιμοποιώντας συμβατικά μηχανήματα ασφαλτόστρωσης και ΙΚΣ το οποίο είναι οπλισμένο με ανακυκλωμένες χαλύβδινες ίνες που προέρχονται από μετά-την-κατανάλωση-ελαστικά. Τα οφέλη από αυτήν την μέθοδο είναι πολλαπλή, όπως μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, του χρόνου και της δαπάνης που απαιτούνται για την κατασκευή των οδοστρωμάτων, όπως και εισαγωγή μιας περιβαλλοντολογικά καθαρότερης διαδικασίας κατασκευής. Μέσω εννέα δεσμών εργασίας, το πρόγραμμα παρέδωσε νέες διαδικασίες και μοντέλα για το σχεδιασμό και κατασκευή οδοστρωμάτων σκυροδέματος, καθώς και πρότυπα για την αξιολόγηση της περιβαλλοντικής επίδρασης και του κόστους του κύκλου ζωής. Τα αποτελέσματα του προγράμματος επικυρωθήκανε το 2009 με την κατασκευή, σε πραγματικού μεγέθους, πιλοτικών οδοστρωμάτων σε τέσσερα διαφορετικά Ευρωπαϊκά κλίματα (Ηνωμένο Βασίλειο, Κύπρο, Ρουμανία και Τουρκία). Για να επιτύχει τους στόχους και σκοπούς του, το πρόγραμμα έπρεπε να υπερνικήσει επιστημονικά και τεχνολογικά εμπόδια στην επεξεργασία ανακυκλωμένων ινών, στην κατασκευή σκυροδέματος και σχεδιασμό οδοστρωμάτων.

## **Επεξεργασία ινών**

Προηγούμενη έρευνα απόδειξε ότι οι χαλύβδινες ίνες που ανακυκλώνονται από μετά-από-την-κατανάλωση ελαστικά (ΑΧΙ) βελτιώνουν τις μηχανικές ιδιότητες του σκυροδέματος (Pilakoutas *et al.*, 2004, Νεοκλέους και άλλοι, 2006). Ωστόσο, ένα από τα κύρια προβλήματα που αντιμετωπίζονται κατά την ανάμιξη των ινών στο σκυρόδεμα είναι η τάση τους να συμμαζεύονται και να σχηματίζουν σβώλους που δημιουργούν κενά στο σκυρόδεμα (Pilakoutas *et al.*, 2004). Για να αποφευχθεί ο σχηματισμός σβώλων και για να βελτιστοποιηθεί η χρήση των ΑΧΙ στο σκυρόδεμα, το «EcoLanes» ανέπτυξε τεχνικές και εξοπλισμό που αφαιρούν τα λαστιχένια σωματίδια και ελαχιστοποιούν την γεωμετρική ανομοιογένεια των ινών. Κατά την τριετή διάρκεια του «EcoLanes» παράχθηκαν πάνω από 90 τόνοι ΑΧΙ από τους οποίους οι 70 τόνοι χρησιμοποιηθήκαν για την κατασκευή των πιλοτικών οδοστρωμάτων.

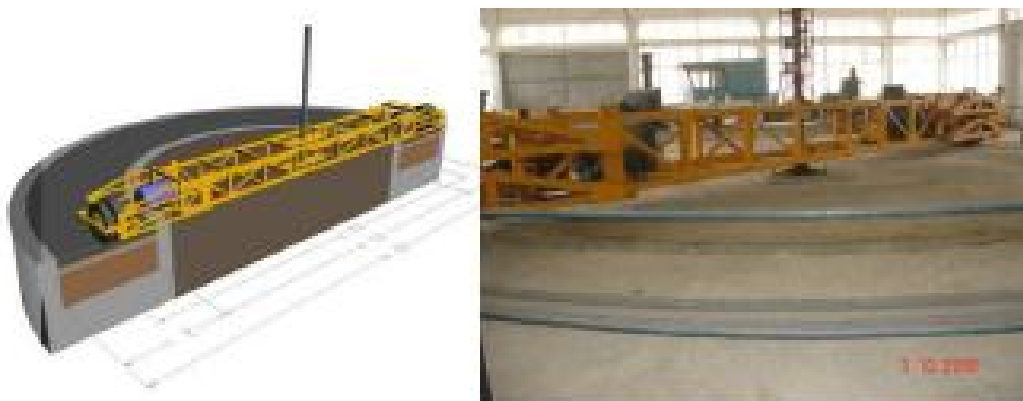
## **Μηχανική σκυροδέματος**

Παρά τις βελτιωμένες μηχανικές ιδιότητες του ΙΚΣ, η προσθήκη των ινών μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα πυκνότητας του σκυροδέματος λόγω ανεπαρκούς συμπίεσης του. Επίσης, όπως προαναφέρθηκε, η ανάμιξη των ινών στο «ξηρό» σκυρόδεμα δεν είναι πάντοτε εφικτή στο εργοτάξιο. Αυτά τα προβλήματα εξετάστηκαν μέσω εκτενών εργαστηριακών μελετών και δοκιμών εργοταξίου όπου αναπτύχθηκαν τεχνικές ανάμιξης των ινών στο «ξηρό» σκυρόδεμα. Οι εργαστηριακές μελέτες εξέτασαν ένα ευρύ φάσμα του ΙΚΣ, όπως βελτιστοποίηση μιγμάτων με διάφορα υλικά (όπως τσιμέντα «χαμηλής ενέργειας», ιπτάμενη τέφρα και ανακυκλωμένα αδρανή), αποτίμηση της αντοχής σε σύνθλιψη και κάμψη, καθώς και της ανθεκτικότητας του. Η εργασία του Αγγελακόπουλου και άλλων (2009) παρουσιάζει περισσότερες πληροφορίες για τις εργαστηριακές μελέτες του «EcoLanes». Οι δοκιμές εργοταξίου απέδειξαν ότι το ΙΚΣ μπορεί να παραχθεί επιτυχώς σε μονάδες παρασκευής έτοιμου σκυροδέματος χωρίς να απαιτείται μετατροπή του εξοπλισμού τους. Οι δοκιμές έδειξαν ότι οι ΑΧΙ διανέμονται ομοιόμορφα στο ΙΚΣ και το φαινόμενο των «χαλύβδινων σβώλων» είναι ελάχιστο.

## Σχεδιασμός οδοστρωμάτων

Ο οικονομικός και αιεφόρος σχεδιασμός οδοστρωμάτων από ΙΚΣ είναι ένας σύνθετος υπολογισμός που απαιτεί δεδομένα για τις φυσικές, μηχανικές και χημικές ιδιότητες και το κόστος των κατασκευαστικών υ965 υλικών, τις εργατικές δαπάνες, την κατανάλωση και το κόστος της ενέργειας, καθώς για προηγμένες αριθμητικές τεχνικές. Όλοι αυτοί οι παράμετροι χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη της έννοιας των «μακράς διάρκειας δύσκαμπτων οδοστρωμάτων».

Αυτή η έννοια επικυρώθηκε εργαστηριακά στο Τεχνικό Πανεπιστήμιο του Ιασιού μέσω 1 εκατομμυρίου κυκλικών επιταχυνόμενων φορτίσεων , αριθμητικών αναλύσεων και παραμετρικών μελετών όπως συνοψίζονται από την εργασία της Jafarifar *et al.* (2009).



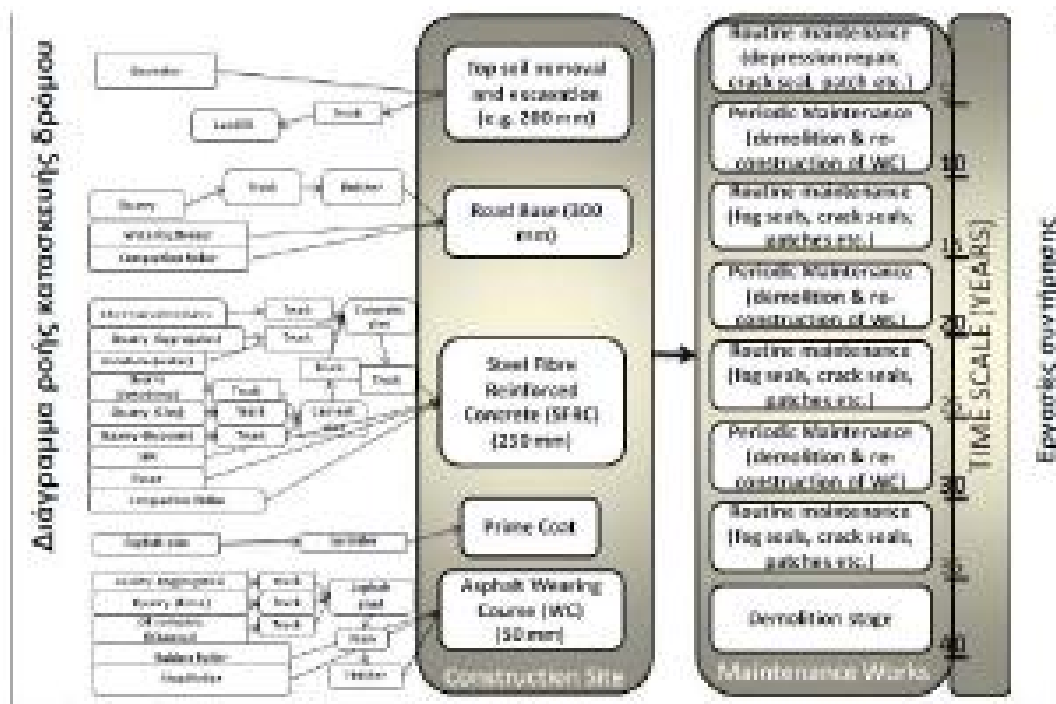
## Περιβαλλοντολογική επίδραση και κόστος κύκλου ζωής

Η περιβαλλοντολογική επίδραση της κατασκευής και της συντήρησης των οδοστρωμάτων από ΙΚΣ εκτιμήθηκε με τη μέθοδο της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) τους, προσδιορίζοντας την ενέργεια και τις πρώτες ύλες, καθώς και τους ρύπους που απελευθερώνονται στο περιβάλλον, με σκοπό την ορθολογική χρήση πρώτων υλών και ενέργειας για εξάλειψη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η μεθοδολογία της ΑΚΖ αξιολογεί όλα τα στάδια της ζωής του οδοστρώματος από τη φάση σχεδιασμού, κατασκευής, συντήρησης και τη τελική φάση της αποξήλωσης όλου του οδοστρώματος.

Για σκοπούς συγκριτικής έρευνας, πραγματοποιήθηκαν AKZ για δύο επιπρόσθετους τύπους οδοστρωμάτων: ασφαλτικό οδόστρωμα και οδόστρωμα με «υγρό» σκυρόδεμα. Η διάρκεια του κύκλου ζωής των οδοστρωμάτων καθορίστηκε στα 40 χρόνια.

Για την ανάλυση και την αξιολόγηση του κόστους ζωής των οδοστρωμάτων χρησιμοποιήθηκαν δυο μοντέλα για την επεξεργασία των δεδομένων, ώστε οι εναλλακτικές λύσεις να μπορούν να συγκριθούν και να αξιολογηθούν με ίσα χαρακτηριστικά και δεδομένα. Στην μεθοδολογία του Κόστου Κύκλου Ζωής (ΚΚΖ) έγινε η εκτίμηση των δαπανών και των διεργασιών του κύκλου ζωής του οδοστρώματος με τη χρήση μοντέλου που έχει αναπτυχθεί από το Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου.

Η AKZ του οδοστρώματος έγινε εισάγοντας δεδομένα ενέργειας και περιβαλλοντικών εκπομπών των διεργασιών που περιλαμβάνονται στην κατασκευή φάση αλλά και στην φάση συντήρησης του οδοστρώματος (Σχήμα 4) με την χρήση του λογισμικού GaBi 4. Τα εισαγόμενα δεδομένα για την εκτίμηση της περιβαλλοντολογικής επίδρασης και του κόστους λήφθηκαν από δημόσιους (Τμήμα Δημόσιων Έργων, Υπηρεσία Περιβάλλοντος, Τμήμα Επιθεώρησης Εργασίας) και ιδιωτικούς φορείς (Λατομεία, Κατασκευαστικές Εταιρείες, Μονάδες Ασφαλτικού και Έτοιμου Σκυροδέματος).



## **ΠΙΛΟΤΙΚΟΣ ΔΡΟΜΟΣ ΣΤΗΝ ΠΑΦΟ (Προβλήματα έδρασης υφιστάμενου δρόμου)**

Ο πιλοτικός δρόμος κατασκευάστηκε σε τμήμα υφιστάμενου δρόμου εύκαμπτου οδοστρώματος, με τον κωδικό F624, ο οποίος οδηγεί στα χωριά Γαλαταριά και Κοιλίνια της επαρχίας Πάφου. Ο δρόμος βρίσκεται σε μια λοφώδη μέχρι ορεινή περιοχή, σε υψόμετρο 740 μέτρων πάνω από τη Μέση Στάθμη Θαλάσσης, και διέρχεται από απόκρημνη πλαγιά ψηλού λόφου. Η περιοχή είναι τεκτονικά πολύ διαταραγμένη, λόγω ρήγματος και κατολισθήσεων που συνέβησαν στο παρελθόν, αρκετές από τις οποίες εξακολουθούν να είναι ενεργές. Επίσης, στην πλαγιά του λόφου από όπου διέρχεται ο δρόμος έχουν παρατηρηθεί αλληπάλληλοι ενεργοί ερπυσμοί του εδάφους (Σχήμα 5).



Το εύκαμπτο οδόστρωμα λόγω του ότι εδράζεται σε «ασταθές» έδαφος, παρουσίαζε μονίμως ρωγματώσεις και ελαφρές παραμορφώσεις. Για να μην διαταραχτεί η «ασταθής» ισορροπία των εδαφών, αποφασίστηκε η κατασκευή οδοστρώματος από ΙΚΣ, ευελπιστώντας ότι οι τοπικές μετατοπίσεις του υπεδάφους δεν θα ανακλώνται στην επιφάνεια κύλισης, μιας και το δύσκαμπτο οδόστρωμα θα μπορεί να παραλάβει το κυκλοφοριακό φόρτο και να τα κατανείμει σε μεγαλύτερες επιφάνειες στα κατώτερα στρώματα, μειώνοντας τις τάσεις που αναπτύσσονται σε αυτά. Η πλάκα αυτή θα δύναται επίσης να παραλάβει όλες τις αναπτυσσόμενες σε αυτή τάσεις, οι οποίες προέρχονται και από άλλους παράγοντες, όπως η θερμοκρασιακές

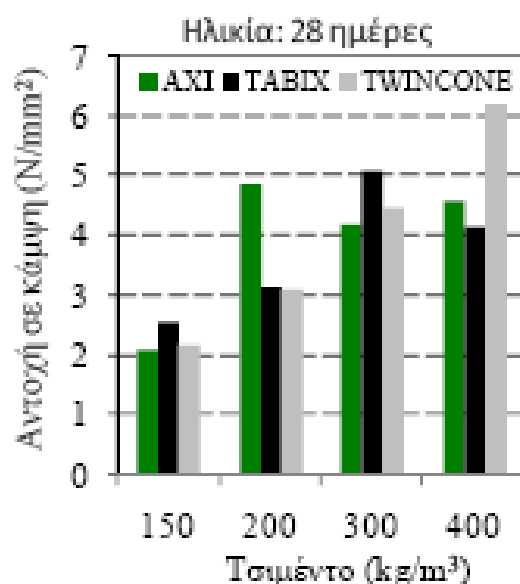
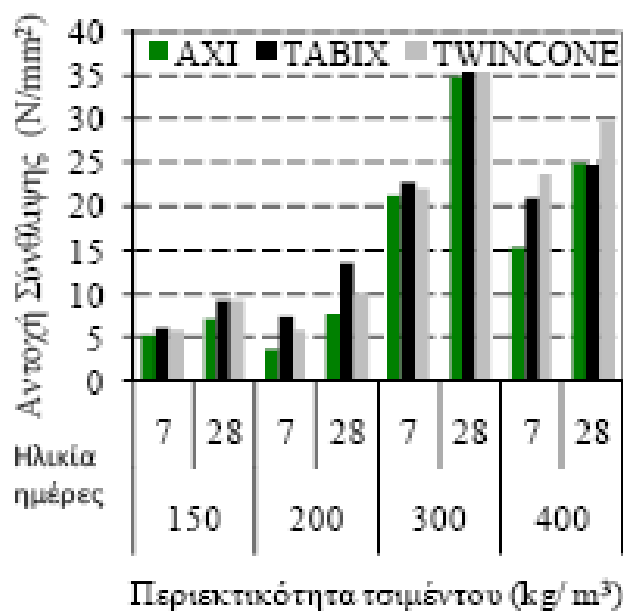
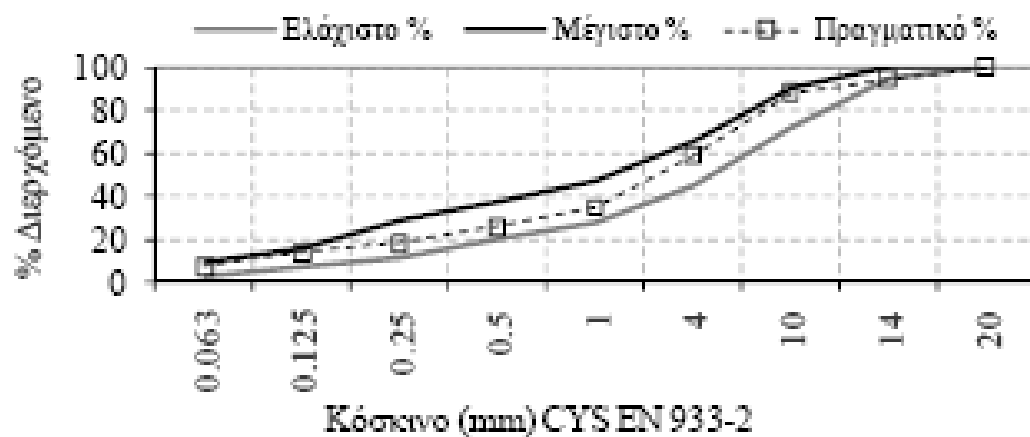


μεταβολές της πλάκας και η ογκομετρική αλλαγή του υπεδάφους. Σαν βάση πάνω έδρασης χρησιμοποιήθηκαν οι υφιστάμενες υποκείμενες στρώσεις, οι οποίες έμειναν ανέγγιχτες.



### **Εργαστηριακές δοκιμές και σχεδιασμός οδοστρώματος από ΙΚΣ**

Πριν από το σχεδιασμό και κατασκευή του δύσκαμπτου οδοστρώματος, τα Δημόσια Έργα της Κύπρου ανέπτυξαν μίγματα ΙΚΣ, με διαφορετικές περιεκτικότητες σε τσιμέντο (τύπου CEM II A-M(L-P)), και διαφορετικούς τύπους χαλύβδινων ινών. Η περιεκτικότητα των χαλύβδινων ινών ήταν 2% (ανά μάζα σκυροδέματος) για όλα τα μίγματα. Χρησιμοποιήθηκαν διαβασικά αδρανή των οποίων η κοκκομετρική διαβάθμιση παρουσιάζεται στο Σχήμα 7. Ακολουθώντας την διαδικασία που εφαρμόστηκε στο «EcoLanes», σκυροδετήθηκαν εργαστηριακά δοκίμια: (α) κύβοι (διαστάσεων 150mm x 150mm x 150mm) για αποτίμηση της θλιπτικής αντοχής και (β) δοκοί (διαστάσεων 150mm x 150mm x 700mm) για αποτίμηση της καμπτικής αντοχής. Τα αποτελέσματα των εργαστηριακών ελέγχων φαίνονται παρακάτω. Οι παραδοχές που έγιναν για τη χαρακτηριστική θλιπτική και καμπτική αντοχή του ΙΚΣ ήταν 30 MPa και 4 MPa αντίστοιχα και επομένως επιλέχθηκε το μίγμα με περιεκτικότητα τσιμέντου 300 kg ανά κυβικό μέτρο σκυροδέματος .



Συστατικά υλικά	Ποσότητα (kg / m³)
Σκόρα 8/20	191,0
Σκόρα 4/10	573,0
Άμμος 0/4 – Τύπος Α	1008,0
Άμμος 0/4 – Τύπος Β	114,2
Τσιμέντο CEM II A-M(L-P) 42,5R	300,0
Νερό	213,0
Τνες AXI (2% ανά μάζα)	47,3
<b>Σύνολο</b>	<b>2446,5</b>

Η διαστασιολόγηση του δύσκαμπτου οδοστρώματος από ΙΚΣ έγινε σύμφωνα με τις πρόνοιες του Ρουμανικού Προτύπου NP081-2002, το οποίο χρησιμοποιήθηκε μαζί με τα εργαστηριακά αποτελέσματα ως βάση για τον σχεδιασμό των πιλοτικών δρόμων. Η διάρκεια ζωής του πιλοτικού δρόμου στο τέλος της οποίας το οδόστρωμα αναμένεται να αστοχήσει, θεωρήθηκε ότι είναι 40 χρόνια. Άλλες σχεδιαστικές παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν για το σχεδιασμό του πιλοτικού δρόμου είναι ο κυκλοφοριακός φόρτος σχεδιασμού (υπολογίστηκε σε 1.28 εκατομμύρια ισοδύναμους τυπικούς άξονες, το μέτρο αντίδρασης του υπεδάφους ( $k = 58 \text{ MN/m}^3$ ) και η επιτρεπόμενη εφελκυστική τάση του σκυροδέματος λόγω κάμψης ( $\sigma_{adm} = 3,05 \text{ MPa}$ ). Υπολογίστηκε ότι βάσει αυτών των δεδομένων, το απαραίτητο πάχος του οδοστρώματος από ΙΣΚ είναι 240 mm.

### **Κατασκευή οδοστρώματος από ΙΚΣ**

Το πιλοτικό οδόστρωμα κατασκευάστηκε αρχές Απριλίου 2009. Η Παρασκευή του μίγματος ΙΚΣ έγινε σε μονάδα παρασκευής έτοιμου σκυροδέματος στη βιομηχανική περιοχή της Πάφου. Οι ΑΧΙ αναμίχθηκαν με τα αδρανή (σε προκαθορισμένες ποσότητες, με αναλογία 2% κατά μάζα) πριν τη τοποθέτηση τους στα μεταλλικά δοχεία για τα αδρανή. Η δοσολογία ρυθμιζόταν με ακρίβεια μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή. Το ομοιόμορφο διασκόρπισμα των υλικών στο μίγμα επιτεύχθηκε αυξάνοντας λίγο το χρόνο ανάμιξης των υλικών. Η εκκένωση του μίγματος στα αυτοκίνητα μεταφοράς γινόταν από ύψος μικρότερο των δύο μέτρων για αποφυγή απόμιξης και διαχωρισμού του σκυροδέματος. Το ΙΚΣ μεταφέρθηκε με φορητά και καλύφθηκε για να προφυλαχτεί από εξάτμιση ή διαβροχή λόγω βροχόπτωσης. Το ΙΚΣ διαστρώθηκε και συμπίεστηκε βάσει της μεθόδου που αναπτύχθηκε από το πρόγραμμα «EcoLanes» .

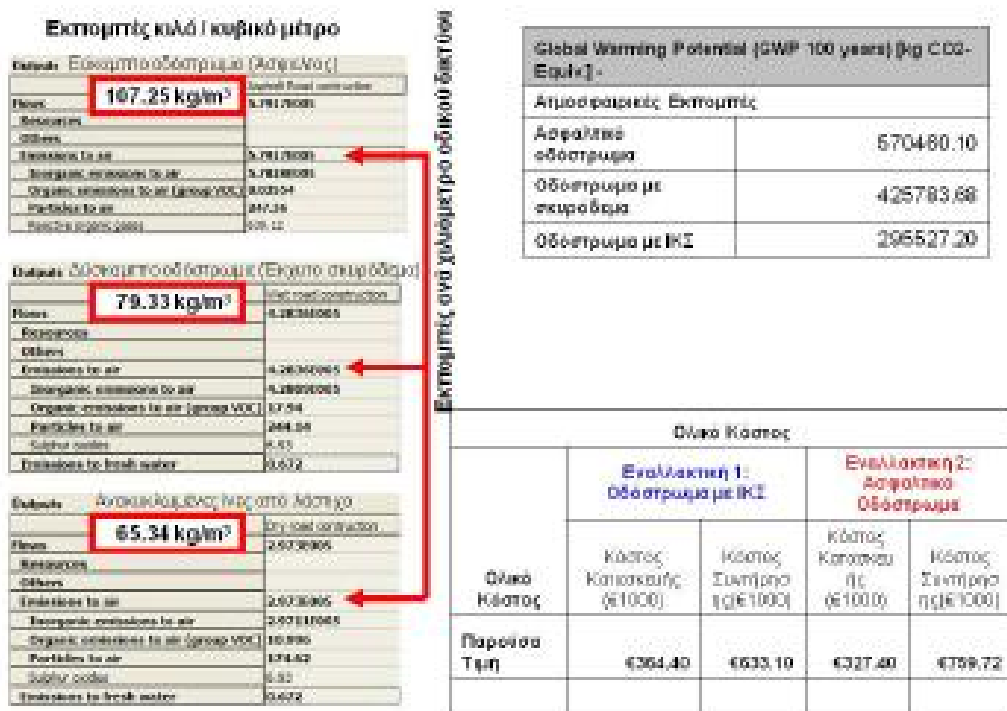


Για τη συμπύκνωση του σκυροδέματος χρησιμοποιήθηκε δονητικός οδοστρωτήρας, με λείους μεταλλικούς κυλίνδρους με στατικό φορτίο στη γενέτειρα 30 kN/cm. Με συνδυασμό του δονητικού πήχου και των δοκών κοπανίσματος εξασφαλίστηκε υψηλή προσυμπύκνωση και επιτεύχθηκε η επιθυμητή επιπεδότητα. Το μίγμα διαστρώθηκε σε όλο το πλάτος του δρόμου (6 μέτρα) με μία διέλευση. Το μήκος του πιλοτικού οδοστρώματος ήταν 40 μέτρα και το κυλινδρούμενο πάχος 250 mm. Η συντήρηση του σκυροδέματος έγινε με ψεκασμό υλικών συντήρησης. Πριν από αυτό, η επιφάνεια του σκυροδέματος παρέμεινε διαρκώς υγρή. Κατά τη διάρκεια της κατασκευής διενεργήθηκαν έλεγχος πάχους στρώσης, γεωμετρικός έλεγχος τελειωμένης επιφάνειας και έλεγχος διασποράς των ινών (σβολιάσματος).

### **Ανάλυση του κύκλου ζωής του οδοστρώματος**

Η ΑΚΖ των οδοστρωμάτων επέδειξε το οδόστρωμα με ΙΚΣ το λιγότερο δαπανηρό, παρόλο το υψηλότερο κατασκευαστικό κόστος. Όμως, η συντήρηση του ασφαλτικού οδοστρώματος κυρίως περιλαμβάνει

περισσότερες εργασίες, λόγω της αναγκαίας ολικής αποκατάστασης του στα 20 χρόνια. Η περιβαλλοντική επίδραση κατασκευής και συντήρησης των οδοστρωμάτων είναι σημαντικότερη στην περίπτωση του ασφαλτικού οδοστρώματος, όπως υπογραμμίζεται στην ΑΚΖ, λόγω της χρήσης και παραγωγής ασφάλτου. Συγκεκριμένα το οδόστρωμα με ΙΚΣ αναφέρεται ως το τύπο οδοστρώματος με τις μικρότερες περιβαλλοντικές εκπομπές.



Το προτεινόμενο οδόστρωμα με ΙΚΣ είναι το λιγότερο δαπανηρό στο κύκλο ζωής του και το πιο περιβαλλοντικά κατάλληλο για την υιοθέτηση του στην σύγχρονη κατασκευαστική βιομηχανία. Επιπλέον η ανακύκλωση ελαστικών που επιτυγχάνεται με τη χρήση των ινών για την κατασκευή του οδοστρώματος, αυξάνει την περιβαλλοντική σημασία για προώθηση του. Οι περιβαλλοντικές εκπομπές είναι αποτέλεσμα κυρίως της παραγωγής των πρώτων υλών και υλικών του οδοστρώματος και της μεταφοράς τους. Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, που αποτελεί και το αέριο υπεύθυνο για το φαινόμενο θερμοκηπίου (Global Warming Potential), είναι αποτέλεσμα κυρίως της μεταφοράς των κατασκευαστικών υλικών του οδοστρώματος αλλά και την ενέργεια, ηλεκτρικό ρεύμα ή πετρέλαιο, που καταναλώνεται για τη παραγωγή τους.

## 3.2 ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΡΓΩΝ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ

Τα αδρανή απόβλητα ή αλλιώς οικοδομικά απορρίμματα (συμπεριλαμβανομένων των κατεδαφίσεων και των εκσκαφών γαιών θεμελίωσης διαφόρων έργων) ανέρχονται στην Ε.Ε. σε 300 εκατομμύρια τόνους ετησίως, ενώ άλλες πηγές ανεβάζουν την τιμή αυτή σε 450 εκ. τόνους (1,2). Το ρεύμα αυτό σε ποσοτικούς όρους είναι από τα μεγαλύτερα, μαζί με αυτά από τις μεταλλευτικές και αγροτικές δραστηριότητες, ενώ η διαχείρισή του είναι αντίθετη με τις αρχές της αειφορίας και προκαλεί αξιοσημείωτες περιβαλλοντικές οχλήσεις. Περίπου το 75% από αυτές τις ποσότητες οδηγείται σε χώρους ΧΥΤΑ, καταλαμβάνοντας σημαντικό χώρο, παρόλο που τα περισσότερα από αυτά είναι ανακυκλώσιμα υλικά και μπορούν να αποτελέσουν πρώτη ύλη για τον κατασκευαστικό κλάδο. Με βάση τα παραπάνω μπορεί να γίνει διαχωρισμός των αδρανών απορριμμάτων ανάλογα με την προέλευσή τους στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Υλικά Εκσκαφών
- Υλικά Οδοποιίας
- Υλικά Κατεδαφίσεων – Μπάζα
- Εργοταξιακά Απορρίμματα

Αναλυτικότερα δεδομένα για την υπάρχουσα κατάσταση (παραγωγή, σύσταση και μέθοδοι διαχείρισης) στην ΕΕ και ειδικότερα στην Ελλάδα έχουν δημοσιευτεί σε προηγούμενες ανακοινώσεις της HELECO και αλλού (1,2), αλλά επαναλαμβάνονται συνοπτικά παρακάτω. Η ποσοστιαία σύσταση των απορριμμάτων αποτελεί ενδιαφέρουσα πληροφορία για ένα σύστημα διαχείρισης, όσον αφορά στις ποσότητες που μπορούν να ανακυκλωθούν. Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζεται η σύνθεση των οικοδομικών απορριμμάτων (construction and demolition wastes, C&D) από μελέτες στην ΕΕ και στις ΗΠΑ.

## ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΑΔΡΑΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Η ανάγκη για ανακύκλωση των αδρανών αποβλήτων υπαγορεύεται από το γεγονός ότι α) η πλειονότητα των αποβλήτων αποτελεί εν δυνάμει χρήσιμο υλικό που μπορεί να εξοικονομήσει τις αντίστοιχες παρθένες πρώτες ύλες και β) η διάθεση αδρανών σε ΧΥΤΑ οικιακών απαγορεύεται πλέον. Ο πυρήνας όλων των τεχνολογιών ανακύκλωσης των αδρανών αποβλήτων βασίζεται στις διεργασίες θραύσης-κοσκίνησης. \_εδομένου ότι το εισερχόμενο ρεύμα είναι ιδιαίτερα ετερογενές, η διεργασία συνδυάζεται συχνά με κάποιο σύστημα διαχωρισμού, απλό ή και εξεζητημένο.

Οι διαθέσιμες τεχνολογίες ανακύκλωσης πρακτικά χωρίζονται σε τρία επίπεδα. Το πρώτο επίπεδο αναφέρεται κυρίως σε μονάδες φορητές, μικρής δυναμικότητας, οι οποίες είτε εγκαθίστανται επί τόπου του έργου για την απευθείας ανακύκλωση των υλικών είτε εγκαθίστανται σε σταθερή βάση σε ΧΥΤΑ. Το τελικό προϊόν περιέχει αρκετές προσμίξεις και είναι χαμηλών προδιαγραφών. Το επίπεδο αυτό ανταποκρίνεται κυρίως στις μεσογειακές χώρες, στις οποίες το τέλος ταφής είναι ακόμα χαμηλό. Το δεύτερο επίπεδο αποτελεί μια ενδιάμεση κατάσταση και αναφέρεται σε μονάδες με ελαφρώς πιο πολύπλοκο εξοπλισμό χωρίς ιδιαίτερα μεγάλη αύξηση στο κόστος, ο οποίος επιτυγχάνει και κάποιο βασικό διαχωρισμό (π.χ. μαγνητικός διαχωρισμός, απομάκρυνση ανεπιθύμητων προσμίξεων). Η βιωσιμότητα των μονάδων σχετίζεται κυρίως με τα κόστη διάθεσης, μεταφοράς και πρώτων υλών. Τέλος το τρίτο επίπεδο εφαρμόζεται σε κράτη, τα οποία έχουν απαγορεύσει τη διάθεση των αδρανών προς ταφή ή τα τέλη είναι σχεδόν απαγορευτικά, με αποτέλεσμα η ανακύκλωση να αποτελεί τη βασική οδό διαχείρισης. Η αγορά περιλαμβάνει μονάδες επεξεργασίας μεγάλης κλίμακας με εξεζητημένα συστήματα διαχωρισμού, όπως αεροδιαχωριστές. Υπάρχουν ακόμα συστήματα διαλογής στην πηγή, στα οποία χρήσιμα υλικά απομακρύνονται και ταξινομούνται σε σωρούς πριν την κατεδάφιση. Με αυτό τον τρόπο, παράγονται υλικά υψηλής προστιθέμενης αξίας και κάποιες χώρες (Αυστρία, Γερμανία και Ολλανδία) έχουν αυξήσει τα ποσοστά ανακύκλωσης που φτάνουν μέχρι 85-90%.

Τα προϊόντα που εξάγονται από την επεξεργασία των αδρανών απορριμμάτων μπορούν να αξιοποιηθούν με αντίστοιχη εξοικονόμηση πρώτων υλών σε διάφορες κατηγορίες τεχνικών έργων, όπως

αυτοκινητόδρομοι, πεζοδρόμια και παρόμοια έργα. Το ενδιαφέρον εστιάζεται στο ορυκτής προέλευσης κλάσμα (mineral materials), που είναι και το μεγαλύτερο. Από προχωρημένες διεργασίες διαχωρισμού μπορούν να προκύψουν προϊόντα για ένα εύρος εφαρμογών, ως ακολούθως:

- ευτερογενής άσφαλτος για ανάμιξη
- Μίγμα για την παραγωγή τούβλων
- Μίγμα για την παραγωγή κλίνκερ τσιμέντου
- Μίγμα για την παραγωγή σκυροδέματος (έως C20-25)
- Υλικό υποστρώματος οδών
- Υλικό στεγάνωσης ή επικάλυψης ΧΥΤΑ
- Γενικά οπουδήποτε απαιτούνται αδρανή υλικά και άμμος

Ο υπολογισμός του κόστους επεξεργασίας ανά τόνο αδρανών απορριμμάτων πρέπει να περιλαμβάνει τον προϋπολογισμό του έργου, τον αναμενόμενο χρόνο ζωής, τις αποσβέσεις, καθώς και τα λειτουργικά έξοδα (ενέργεια, συντήρηση και έξοδα προσωπικού). Σε αυτά πρέπει να προστεθούν και τα έξοδα μεταφοράς από το σημείο παραγωγής στο ΧΥΤ, τα οποία συχνά δεν είναι αμελητέα λόγω των αποστάσεων.

## ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΓΥΑΛΙΟΥ

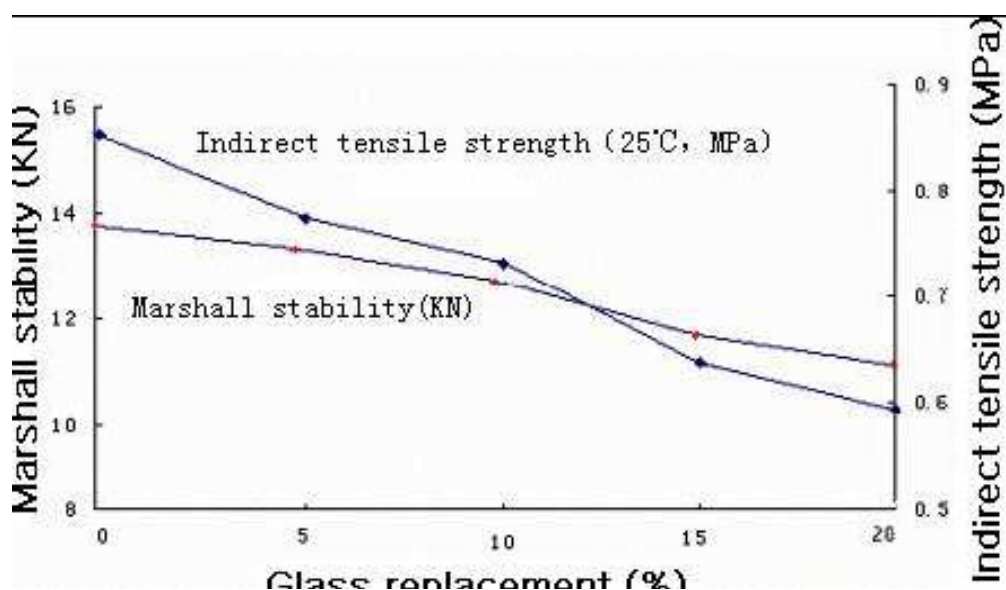
Με τη ραγδαία ανάπτυξη της οικονομίας και τη συνεχή αύξηση της κατανάλωσης, δημιουργείται ένα μεγάλο μέρος απορριμμάτων σε παγκόσμια κλίμακα. Η αξιοποίηση των μεγάλων ποσοτήτων αποβλήτων γυαλιού είναι επείγον εθνικό και παγκόσμιο θέμα. Η ανακύκλωση γυαλιού μπορεί να εξοικονομήσει ενέργεια και τη μείωση των περιβαλλοντικών αποβλήτων.

Έμφαση στην τεχνολογία ανακύκλωσης γυαλιού θα διευρύνει το πεδίο εφαρμογής των αποβλήτων πάνω στο γυαλί και θα προωθήσει την περαιτέρω ανάπτυξη των τεχνικών του γυαλιού. Σχεδόν 10 εκατομμύρια τόνους αποβλήτων γυαλιού συλλέγονται σε μητροπόλεις κάθε χρόνο, δηλαδή περίπου 3 ~ 5% κατά βάρος των οικιακών αποβλήτων. Η ανακύκλωση γυαλιού στην Ευρώπη έφθασε 77,8% το 2002, σε 80% το 2005, ενώ η αναλογία στην Ιαπωνία ήταν απλώς και μόνο το 20% πριν από το 1996.



Η ποιότητα και οι επιδόσεις των προϊόντων που κατασκευάζονται από ανακυκλωμένο γυαλί δεν είναι εύκολο να ελεγχθούν. Λίγες επιχειρήσεις θα παράγουν προϊόντα από ανακύκλωση γυαλιού, που χρησιμοποιούν την εκ νέου τήξη του ανακυκλωμένου γυαλιού. Ανάμεσά τους, τα απορρίμματα γυαλιού που αποτελούν σημαντικό μέρος.

Γενικά το γυαλί είναι μη μεταλλικό και ανόργανο υλικό από επιλεγμένες πρώτες ύλες, γι 'αυτό δεν μπορεί ούτε να αποτεφρωθεί ούτε αποσυντίθεται. Η ανακύκλωση του εκ νέου είναι δύσκολη διαδικασία. Το γυαλί είναι ανόργανο πολυμερές, στο οποίο η βασική δομική μονάδα της πολυμερούς αλυσίδας είναι η ομάδα  $-Si-O-$ . Τα υλικά από γυαλί είναι εύθραυστα και πλούσια σε πυρίτιο, ώστε τα βασικά τεχνικά ευετήρια από γυαλί-ασφαλτικό σκυρόδεμα είναι δυνατά και παρουσιάζουν αντίσταση σε ζημιές από νερά. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στις δοκιμές περιλαμβάνουν AH-70 και SBS τροποποιημένων ασφαλτικών - ασβεστόλιθο τα οποία συνθλίβονται και παράγουν ανακυκλωμένο γυαλί. Η δοκιμή Marshall χρησιμοποιήθηκε για να εξετάσει την επίδραση της βέλτιστης ασφάλτου σε περιεχόμενο, όγκο και δύναμη αλλά και στις ιδιότητες της όταν προστέθηκαν ποσοστά από θραύσματα γυαλιού. Τα δεδομένα από τις τροποποιημένες δοκιμές Lottman, έδειξαν ότι η αντίσταση κατά των ζημιών από νερά στο γυαλί -ασφαλτικό σκυρόδεμα, είναι πιο απλοί από ότι σε ασφαλτικό σκυρόδεμα.



Ποσοστό προστιθέμενου γυαλιού (%)	Θεωρητική μέγιστη πυκνότητα (g/cm <sup>3</sup> )	Λόγος σε αέρα (%)	Σταθερότητα σύμφωνα με δοκιμή Marshall (kN)	Έμμεση αντοχή σε εφελκυσμό (25_ MPa)
0	2.530	4.13	13.76	0.846
5	2.521	4.19	13.32	0.775
10	2.514	4.16	12.72	0.733
15	2.503	4.22	11.69	0.637
20	2.496	4.25	11.13	0.594

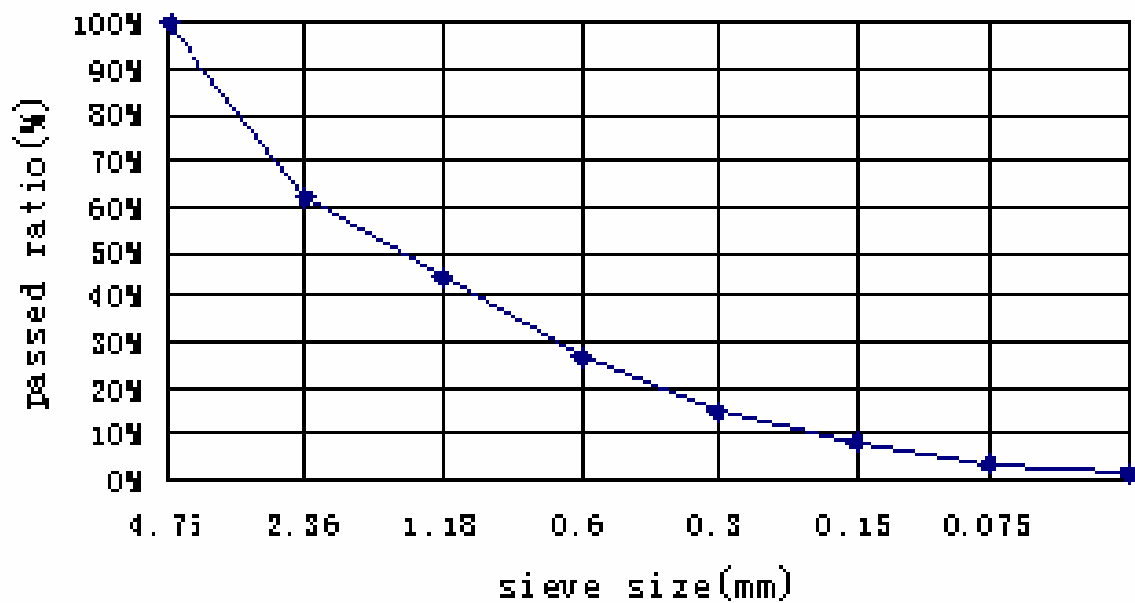
Οι ιδιότητες μπορούν να βελτιωθούν με τη χρήση υγρών ή την απογύμνωση της ένυδρη άσβεστου. Η υψηλή θερμοκρασία της σταθερότητας και της κόπωσης των επιδόσεων σε γυαλί-άσφαλτο συγκεκριμένα έχουν επίσης δοκιμαστεί και τα αποτελέσματα είναι ικανοποιητικά. Η έρευνα κατέδειξε ότι η ανακύκλωση και η χρήση των αποβλήτων γυαλιού στο ασφαλτικό σκυρόδεμα είναι εφικτή. Glassphalt είναι η άσφαλτος γυαλιού που περιέχει σωματίδια από υαλοθραύσματα και είναι ευρύτατη γνωστή στη Μ. Βρετανία. Χρησιμοποιείται ως μέσο για τη διάθεση των πλεονασμάτων των αποβλήτων γυαλιού από τη δεκαετία του 1960. Η άσφαλτος από γυαλί είναι ουσιαστικά η ίδια με συμβατικό θερμό μίγμα ασφάλτου, εκτός από το ότι το 5% έως 40% του βράχου ή και άμμου συνολικά αντικαθίσταται από πολτοποιημένο γυαλί και η σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας του γυαλιού για την αποκατάσταση συμβατικών συνολικά εξαρτάται από την τοποθεσία, την ποιότητα και το κόστος των μεγεθών. Αρχικά αναπτύχθηκε ως εναλλακτική λύση για τη διάθεση των χώρων υγειονομικής ταφής απορριμμάτων που αναμειγνύονται με χρωματιστά γυαλιά. Μικτά χρωματιστά γυαλιά, που είναι ακατάλληλα για ανακύκλωση σε νέα δοχεία, προέρχονται από τα περισσότερα προγράμματα ανακύκλωσης. Εάν δεν υπάρχουν εναλλακτικές τοπικές αγορές για τα χρωματιστά γυαλιά και η μόνη άλλη επιλογή είναι με τη διάθεση τελών υγειονομικής ταφής, τότε με τη χρήση

μεταποιημένων γυαλιών ως υποκατάστατο του φυσικού γυαλιού συνολικά στην ασφαλτο μπορεί να είναι μια επιλογή που πρέπει να εξετάζεται.

Ένας μεγάλος αριθμός έργων χρήσης ασφάλτου με γυαλί έχουν διεξαχθεί σε πόλεις όλης της Μ. Βρετανίας. Τα περισσότερα από αυτά τα έργα δεν έχουν προχωρήσει πέρα από το πιλοτικό στάδιο, λόγω των οικονομικών στις Ηνωμένες Πολιτείες, αφού δεν είναι οικονομικό στις περισσότερες περιοχές της Αμερικής η συλλογή γυαλιού, διαδικασία που σύμφωνα με κάποιες προδιαγραφές συνολικά το ποτήρι με το φυσικό συνολικό μίγμα προσθέτουν την παρτίδα τροποποιητών όπου χρειάζονται για την κάλυψη των προδιαγραφών. Η καλύτερη δυνατότητα για συνεχή παραγωγή glassphalt είναι σε κοινότητες με δημοτικές εγκαταστάσεις με ασφαλτο, γιατί η κοινότητα μπορεί να κάνει μια άμεση συσχέτιση μεταξύ του επιπλέον κόστους που πραγματοποιούνται σε εγκαταστάσεις glassphalt και στη εξοικονόμηση από τα στερεά απόβλητα που θα εκτραπεί σε tip τελών. Η δυνατότητα για καλύτερη glassphalt βιώσιμης χρήσης από τον ιδιωτικό τομέα και τους αναδόχους κατασκευαστές είναι μέσω της δημιουργίας οικονομικών κίνητρων για τη συνεχή χρήση του γυαλιού.

Η δημιουργία glassphalt είναι δύσκολο να αναγνωριστεί από ένα κοινό μάτι ειδικά αν δεν υπάρχουν μεγάλα σωματίδια γυαλιού στο επιφανειακό στρώμα. Όταν εγκατασταθεί σωστά, glassphalt δεν παρουσιάζει κίνδυνο στον άνθρωπο ή ζημιές στα λάστιχα οχημάτων. Λόγω του γυαλιού που περιέχεται, η glassphalt κρατάει περισσότερη θερμότητα από τις συμβατικές ασφάλτους. Το χαρακτηριστικό αυτό θα μπορούσε να αποδειχθεί χρήσιμο σε περιπτώσεις κατά τις οποίες διεξάγεται roadwork στο κρύο, ή όταν μεγάλο χρονικό διάστημα μετά το μείγμα της μεταφοράς είναι αναγκαίο. Επιπλέον, οι επιφάνειες glassphalt φαίνεται να στεγνώνουν γρηγορότερα από παραδοσιακές ασφάλτους διότι τα σωματίδια γυαλιού δεν απορροφούν νερό. Επίσης οι επιφάνειες Glassphalt είναι περισσότερο ανακλαστικές από τη συμβατική ασφαλτο, και μπορεί να βελτιώσουν την οδήγηση στη νυχτερινή ορατότητα.

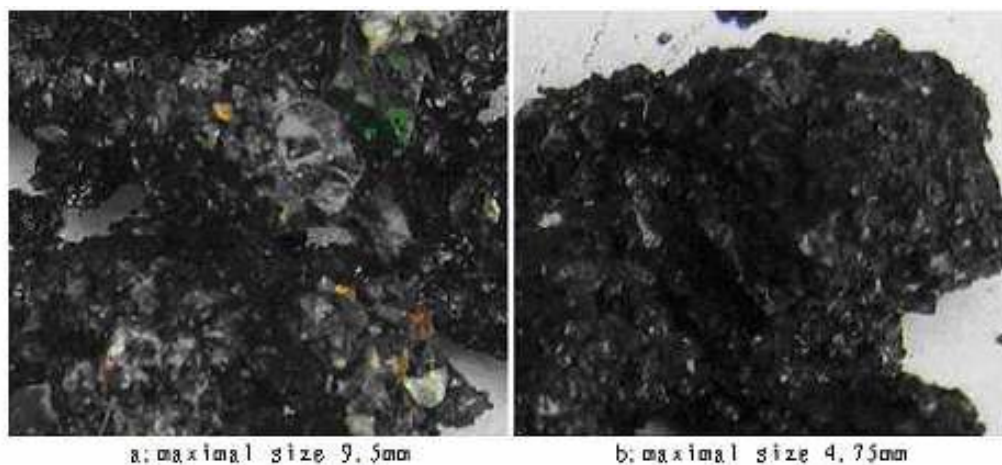
Sieving Curve of Broken Glass Particles



#### Μειονεκτήματα **glassasphalt**

1. Πολλά μεγάλα και επίπεδα σωματίδια γυαλιού τα οποία μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα όπως η αφαίρεση της ταινίας ασφάλτου δηλαδή η αποκόλληση σωματιδίων γυαλιού από την επιφάνεια του οδοστρώματος, με αποτέλεσμα εύκολη ολίσθηση στο οδόστρωμα και την τριβή των ελαστικών κλπ.
2. Η επιφάνεια των θραυσμάτων γυαλιού των σωματιδίων είναι ομαλή και υπερβαίνει το διοξειδίο του πυριτίου, το ποσοστό είναι σχετικά υψηλό με αποτέλεσμα να είναι αρκετά όξινο. Επομένως τα οδοστρώματα με γυαλί είναι λογικό να μην απορροφούν ποσότητες νερού-βροχής (ιδίως όταν το μέγεθος σωματιδίων γυαλιού είναι αυξημένο ή μεγάλη ποσότητα).
3. Το γωνιώδες σχήμα και η γωνία τριβής παρέχει ανεπαρκή εγκάρσια σταθερότητα (σε πέδηση ή εκκίνηση).
4. Η χαμηλή απορρόφηση της ασφάλτου είναι λόγος όπως και η πυκνότητα να προκαλέσει προβλήματα αιμορραγίας στο οδόστρωμα.
5. Η ανάκλαση του φωτός που γίνεται αποτελεί κίνδυνο στην ασφαλή νυχτερινή οδήγηση. Όταν το μέγεθος σωματιδίων γυαλιού είναι αυξημένο υπάρχει κίνδυνος να είναι εκθαμβωτικό.

6. Η παρουσία πολλές φορές μικρών σωματιδίων αιχμηρών γυαλιών προκαλούν το γδάρσιμο των ελαστικών των οχημάτων.



#### ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ

Τα λάστιχα από κάθε είδους όχημα, όπως ΙΧ, φορτηγά, μοτοποδήλατα, τρίκυκλα, ελαφρά τετράτροχα καθώς και μηχανήματα έργων και γεωργικά, μετατρέπονται σε απόβλητα όταν δεν χρησιμοποιούνται άλλο. Κάθε χρόνο φτάνουν στο τέλος του κύκλου ζωής τους παγκοσμίως 1 δισεκατομμύρια ελαστικά, τα 250.000.000 στην Ευρωπαϊκή Ένωση των 15. Στην Ελλάδα κάθε χρόνο εισάγονται 47-50.000 τόνοι ελαστικών, το 57% των οποίων είναι επιβατικά ελαστικά και το 43% είναι ελαστικά φορτηγών. Το 20% κατά βάρος των εισαγόμενων ποσοτήτων ελαστικών έρχονται στην χώρα μας με τα εισαγόμενα αυτοκίνητα.

#### Ελαστικά και περιβάλλον

Τα ελαστικά κατασκευάζονται από φυσικό και συνθετικό καουτσούκ, ενώ χρησιμοποιείται επίστρωση από χάλυβα προκειμένου να αυξηθεί η αντοχή τους στο σημείο όπου ενώνονται με τις ζάντες. Περιέχουν, επίσης και άλλα συστατικά, όπως λινά, οξείδιο ψευδαργύρου, θείο και διάφορες άλλες οργανικές ουσίες. Το 20% κατά βάρος των εισαγόμενων ελαστικών απορρίπτεται στην Αττική.

Τα λάστιχα δεν αποσυντίθενται εύκολα και γι' αυτό όταν πετάγονται σε

ρεματιές και το περιβάλλον γενικότερα – μια συνηθισμένη μέχρι σήμερα εικόνα- παραμένουν για πολύ μεγάλο διάστημα και γίνονται εστίες κουνουπιών και άλλων εντόμων. Όταν καταλήγουν ανεξέλεγκτα στο περιβάλλον και ιδιαίτερα όταν καίγονται ανεξέλεγκτα μπορούν να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία αφού ελευθερώνονται στο περιβάλλον βλαβερές ουσίες, όπως οι πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες, βενζόλιο και φαινόλες, ουσίες με καρκινογόνες ιδιότητες.

Πολλές ήταν οι χώρες που επέλεξαν την ταφή των ελαστικών ως λύση για τη διαχείριση των παλαιών ελαστικών. Όμως, η επιλογή αυτή σύντομα εγκαταλείφθηκε αφού τα ελαστικά καταλαμβάνουν τεράστιο όγκο στους χώρους ταφής κι αυξάνουν τον κίνδυνο ανάφλεξης των σκουπιδιών. Η στεγανότητα των χώρων ταφής δεν εξασφαλίζεται πάντα, γεγονός που σημαίνει ότι οι επικίνδυνες ουσίες που δημιουργούνται κατά την αποσύνθεση των ελαστικών μπορούν να διαπεράσουν το έδαφος και να επηρεάσουν τη γύρω περιοχή. Με αυτόν τον τρόπο μπορούν να ρυπάνουν τα νερά και το έδαφος και να έχουν βλαβερές συνέπειες στους ζώντες οργανισμούς. Η ταφή των ελαστικών εγκαταλείφθηκε, όμως, και για έναν ακόμα λόγο: τα ελαστικά μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν και να αξιοποιηθούν.

#### Εναλλακτική διαχείριση χρησιμοποιημένων ελαστικών

Σύμφωνα με τη νομοθεσία (29407/3508/2002 ΚΥΑ «Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων») δεν επιτρέπεται να πετάγονται στο περιβάλλον ή να μεταφέρονται σε χώρους ταφής σκουπιδιών ολόκληρα ή τεμαχισμένα μεταχειρισμένα ελαστικά οχημάτων. Εξαιρέση αποτελούν τα υλικά που προορίζονται για χρήση σε κατασκευαστικά έργα εντός του ΧΥΤΑ. Οι εισαγωγείς ελαστικών έχουν είτε ατομικά είτε σε συνεργασία με άλλους την ευθύνη «εναλλακτικής διαχείρισής τους», δηλαδή να οργανώσουν τη συλλογή, μεταφορά, προσωρινή αποθήκευση, επαναχρησιμοποίηση και αξιοποίηση των μεταχειρισμένων ελαστικών οχημάτων, ώστε μετά την επαναχρησιμοποίηση ή αξιοποίησή τους να επιστρέφουν στο ρεύμα της αγοράς. \_εν επιτρέπεται να κυκλοφορούν στην αγορά ελαστικά που ο εισαγωγέας τους δεν έχει οργανώσει μόνος τους ή μαζί με άλλους την συλλογή και τη διαχείρισή τους.

Σύμφωνα με το [Προεδρικό Διάταγμα 109/ ΦΕΚ Α 75/ 5-3-2004](#) σε εφαρμογή των διατάξεων του [Ν. 2939/2001](#) (διατάξεις των άρθρων 15, 16, 17 και 18) πρέπει κατά προτεραιότητα να επιτυγχάνεται η πρόληψη παραγωγής αποβλήτων από ελαστικά των οχημάτων, και μετά η επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση και η ενεργειακή αξιοποίηση τους, ώστε να μειώνεται η ποσότητα των αποβλήτων που οδηγούνται σε χώρους ταφής και να βελτιώνεται η περιβαλλοντική επίδοση όλων όσων συμμετέχουν στο κύκλο ζωής των ελαστικών. Έως την 31η Ιουλίου 2006, η αξιοποίηση των μεταχειρισμένων αποβλήτων ελαστικών οχημάτων πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον το 65 % των αποσυρόμενων ελαστικών. Εντός του ίδιου χρονικού ορίου, η ανακύκλωση πρέπει να φθάνει τουλάχιστον στο 10 %. Για το σκοπό αυτό έχει εγκριθεί μετά από υποβολή σχετικού φακέλου και θετική εισήγηση από την Επιτροπή Παρακολούθησης Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και άλλων Προϊόντων (ΕΠΕ\_) με την Υπουργική Απόφαση του ΥΠΕΧΔΕ (ΦΕΚ 1145/28-07-2004) η λειτουργία ενός φορέα, στον οποίο συμμετέχουν οι εταιρίες εισαγωγής ελαστικών που ονομάζεται Συλλογικό Σύστημα Εναλλακτικής διαχείρισης [ECOELASTIKA AE](#).

#### Αξιοποίηση κι ανακύκλωση ελαστικών

Τα ελαστικά οχημάτων μετά τη χρήση τους:

- είτε αναγομώνονται και επαναχρησιμοποιούνται
- είτε οδηγούνται σε τσιμεντοβιομηχανία για να χρησιμοποιηθούν ως "εναλλακτικό καύσιμο" σε ειδικά διαμορφωμένες εγκαταστάσεις, εφόσον ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις της νομοθεσίας περί εκπομπών αερίων αποβλήτων που προέρχονται από καύση
- είτε παραδίδονται σε αδειοδοτημένες και εγκεκριμένες εγκαταστάσεις για κοπή, τεμαχισμό, κοκκοποίηση με στόχο την χρήση του ελαστικού τρίμματος ως πρόσθετου σε ασφαλτοτάπητες για δρόμους, αεροδρόμια ή άλλες εγκαταστάσεις.

Έτσι σήμερα συλλέγεται ένα σημαντικό ποσοστό των μεταχειρισμένων ελαστικών αλλά χρειάζονται κίνητρα, ρυθμίσεις και κανονισμοί ώστε να χρησιμοποιούνται τα τρίμματα ή η πούδρα από τα μεταχειρισμένα ελαστικά σε

έργα ή σε νέα προϊόντα, όπως για παράδειγμα για μείγματα ασφαλτόστρωσης, ηχοπετάσματα σε αυτοκινητοδρόμους ή αεροδρόμια για τον περιορισμό της όχλησης από το θόρυβο των αυτοκινήτων ή αεροπλάνων.



Τον Μάρτιο του 2006 η HELESI εγκαινίασε την κατασκευή και λειτουργία μίας πρότυπης μονάδας ανακύκλωσης μεταχειρισμένων ελαστικών στη ΒΙΠΕ Κομοτηνής. Στόχος της μονάδας είναι η αξιοποίηση των μεταχειρισμένων ελαστικών με την κατασκευή χρηστικών τελικών προϊόντων, που θα εξυπηρετούν τόσο ανάγκες της εταιρείας όσο και ανάγκες της αγοράς. Η παραγωγική εγκατάσταση στην ΒΙ.ΠΕ. Κομοτηνής, περιλαμβάνει στο Α' στάδιο γραμμή ανακύκλωσης ελαστικών, πλήρως αυτοματοποιημένη. Η παραγωγική δυναμικότητα της μονάδος ανέρχεται σε 2.5 τόνους ελαστικού την ώρα και σε ετήσια βάση θα προκύπτει ανακτημένης Α' ύλη κόκκου ελαστικού, ρυθμιζόμενη όσον αφορά τα ποσοστά και το μέγεθος ανάλογα με την απαίτηση των τελικών προϊόντων. Κατά την κατεργασία πραγματοποιείται η μηχανική κοκκοποίηση των ελαστικών και αφαιρούνται οι μεταλλικές και συνθετικές ίνες που περιέχουν καθώς και οτιδήποτε άλλο ξένο σώμα ώστε να προκύπτει ελαστικό καθαρότητας 99,8%.

Έτσι το τελικό προϊόν της γραμμής είναι κόκκοι ελαστικού μεγέθους 0-4mm, μεγάλης καθαρότητας, απαλλαγμένων από ίνες και μέταλλα. Σαν παραπροϊόντα από τη διαδικασία αυτή προκύπτουν scrap χάλυβα και συνθετικές ίνες που απορρίπτονται ή διατίθενται δωρεάν σαν καύσιμο σε τσιμεντοβιομηχανίες.

Με τη λειτουργία της μονάδας αυτής, η HELESI συνεισφέρει ενεργά στην ανακύκλωση των μεταχειρισμένων ελαστικών και την αξιοποίηση τους για την παραγωγή νέων προϊόντων. Η ποσότητα των κόκκων ελαστικού θα



πωλείται για διάφορες χρήσεις (υπόβαθρο σε γήπεδα, πρόσθετο σε ασφαλτο, ελαστικοί τάπητες, ελαστικά αντικείμενα κλπ).

Συνέπεια αυτής στρατηγικής της εταιρείας είναι η ενίσχυση ενός συστήματος περιβαλλοντικής διαχείρισης προσαρμοσμένο στις σύγχρονες απαιτήσεις της Βιομηχανίας.

Στις εγκαταστάσεις της μονάδος, όλα τα μηχανήματα είναι καινούρια τελευταίας τεχνολογίας, από γνωστούς οίκους του εξωτερικού που εξειδικεύονται στον χώρο τους, ενώ η όλη διαδικασία παραγωγής είναι αυτοματοποιημένη. Η μονάδα θα λειτουργήσει σύμφωνα με τα πρότυπα ISO 9001 και ISO 14001, με τεχνολογία φιλική προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο.

Τα τελικά προϊόντα της Μονάδας Ανακύκλωσης είναι κόκκοι ελαστικού μεταβλητής κοκκομετρίας από 0-4mm. Πρόκειται για ελαστικό μεγάλης καθαρότητας (99,8%) απαλλαγμένων από ίνες και μέταλλα.

Οι κόκκοι ελαστικού πωλούνται για διάφορες χρήσεις:

- υπόβαθρο σε γήπεδα
- πρόσθετο σε ασφαλτο
- υπόστρωμα σε ΧΥΤΑ
- ελαστικοί τάπητες
- ελαστικά αντικείμενα κλπ



Ένας από τους πολλούς λόφους τεμαχισμένων ελαστικών που συλλέγονται καθημερινά μπροστά από τις εγκαταστάσεις της ΕΛΒΑΝ.

## ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΑΣΦΑΛΤΟΣ

Πρόκειται για άσφαλτο η οποία ενισχύεται με πολυμερή προσθετικά τα οποία βελτιώνουν τις φυσικές /μηχανικές ιδιότητες της ασφάλτου. Η άσφαλτος είναι χρήσιμη στην κατασκευή δρόμων λόγω της βασικής θερμοπλαστικής της φύσης, δηλαδή το ό,τι είναι σκληρή / στερεή, ψυχρή και σε υγρή μορφή, θερμή. Οι βασικές ιδιότητες της ασφάλτου μπορούν να τροποποιηθούν με την προσθήκη πολυμερών, τα οποία διαφοροποιούν τις φυσικές ιδιότητές της προς το καλύτερο.

Τα πολυμερή προσθετικά δεν διαφοροποιούν χημικά τη χημική σύσταση της ασφάλτου, είναι όμως ικανά να τροποποιήσουν φυσικές ιδιότητες όπως το σημείο μάλθωσης και ευθραυστότητας της ασφάλτου. Ο ρόλος της τροποποιημένης ασφάλτου με θερμοπλαστικά-ελαστομερή στην οδοποιία είναι τετραπλός:

Πρώτον, αυξάνει την αντοχή του ασφαλτομίγματος, με αποτέλεσμα αυτό να μην παραμορφώνεται σε υψηλές θερμοκρασίες.

Δεύτερον, βελτιώνει την ελαστική συμπεριφορά του ασφαλτομίγματος, με συνέπεια να αποφεύγεται η πρόωρη ρηγμάτωση της ασφάλτου. Τρίτον, αυξάνει το μέτρο δυσκαμψίας του ασφαλτομίγματος με αποτέλεσμα την αύξηση της κατασκευαστικής αντοχής του οδοστρώματος και κατ' επέκταση, τη διάρκεια ζωής του.

Τέλος, αυξάνει την συγκόλληση μεταξύ ασφάλτου και αδρανών, σε όλο το φάσμα των θερμοκρασιών κατασκευής και λειτουργίας του έργου.

### Προϊόντα ενίσχυσης της ασφάλτου

Τα πιο γνωστά θερμοπλαστικά πολυμερή που χρησιμοποιούνται στην τροποποίηση της ασφάλτου είναι το **SBS** και το **EVA**. SBS (Στυρένιο Βουταδιένιο Στυρένιο). Αυτό είναι ένα θερμοπλαστικό καουτσούκ. Το SBS είναι ένα συνπολυμερές που χρησιμοποιείται στην τροποποίηση της ασφάλτου παρόλο που αρχικά κατασκευάστηκε για τη χρησιμοποίησή του στην παραγωγή των ελαστικών σολών παπουτσιών.

EVA (Οξικό Βινυλεθυλένιο)

Το EVA δεν θεωρείται μέλος της ομάδας των θερμοπλαστικών καουτσούκ αλλά έχει θερμοπλαστική φύση. Το EVA και το SBS, αυξάνει την ακαμψία της ασφάλτου, αλλά σε πολλές περιπτώσεις λόγω της διαφορεικής του ψύξης είναι γνωστό ότι προκαλεί 'ξέφτισμα' του οδοστρώματος κατά την εφαρμογή.

Στην Ελλάδα η τροποποιημένη άσφαλτος με πολυμερή όπως το SBS και το EVA χρησιμοποιείται στην κατασκευή οδοστρωμάτων αεροδρομίων και δρόμων υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου. Ο λόγος γι' αυτό, είναι οι βελτιωμένες φυσικές ιδιότητες που έχει αυτού του είδους η τροποποιημένη άσφαλτος.

#### ΑΝΤΙΥΔΡΟΦΙΛΑ ΥΛΙΚΑ

Η επιτυχημένη ασφαλτική κατασκευή εξαρτάται και από το βαθμό προσφύσεως του ασφαλτικού στα αδρανή. Γι' αυτό δοκιμάζουμε το ασφαλτικό υλικό με τα αδρανή για να διαπιστώσουμε τον βαθμό προσφύσεως.

Η δοκιμασία γίνεται ως εξής:

Επικαλύπτουμε το αδρανές με το ασφαλτικό υλικό που θα χρησιμοποιήσουμε και στη συνέχεια το τοποθετούμε μέσα σε νερό. Μετά από έναν ορισμένο χρόνο εκτιμούμε με το μάτι μας πόση επιφάνεια του αδρανούς έχει παραμείνει καλυμμένη με το ασφαλτικό.

Αν η επιφάνεια είναι μεγαλύτερη του 95% της ολόκληρης επιφάνειας τότε λέμε ότι το υλικό δεν παρουσιάζει υδροφιλία και δεν χρειάζεται βελτίωση της προσφύσεως. Σε αντίθετη περίπτωση η πρόσφυση δεν είναι καλή.

Για να αυξήσουμε τον βαθμό προσφύσεως χρησιμοποιούμε διάφορα χημικά μέσα που ονομάζονται αντιυδροφιλα υλικά. Συνήθως η αναλογία τους προς το ασφαλτικό υλικό κατά βάρος είναι 0,50-1,50%. Το απαιτούμενο ποσό καθορίζεται με δοκιμές.

Βελτίωση της προσφύσεως με αντιυδροφιλα υλικά γίνεται στα εξής ασφαλτικά συνδετικά:

- α) Σε καθαρή άσφαλτο
- β) Σε ασφαλτικά διαλύματα

Τα αντιϋδρόφιλα υλικά είναι πολύπλοκα χημικά παρασκευάσματα που περιέχουν ιδιαίτερες ενεργές ομάδες (NH<sub>2</sub>, COOH), οι οποίες εγγυούνται απορρόφηση ενός φιλμ ασφάλτου στην επιφάνεια του πετρώματος καθώς τροποποιούν χημικά την ασφαλτο.

Τα αντιϋδρόφιλα υλικά χρησιμοποιούνται σε ποσοστό έως 1.5% στο βάρος της ασφάλτου, τροποποιώντας την 'και καθιστώντας την ανθεκτική στην υγρασία τόσο του περιβάλλοντος όσο και των πετρωμάτων. Κυριολεκτώντας, όταν χρησιμοποιείται αντιϋδρόφιλο υλικό η ασφαλτος απωθεί το νερό και κολλάει στην επιφάνεια του πετρώματος.

Τα αντιϋδρόφιλα υλικά προσθέτονται στην ασφαλτο και το μίγμα αναμιγνύεται έως ομογενοποίησεως.

## STREET PRINT

Το Street Print είναι η καλύτερη λύση ασφαλτόστρωσης που συνδυάζει την αντοχή του τσιμέντου με την ελαστικότητα της ασφάλτου μέσα από την τεχνολογία και τα ποικίλα χρώματα. Το Street Print αποδίδει την πιο ανθεκτική και καλαίσθητη λύση στην υπάρχουσα αγορά με καλύτερα τελικά αποτελέσματα και το χαμηλό κόστος συντήρησης.

Η Street Print είναι μία πατενταρισμένη διαδικασία που χρησιμοποιείται από κατασκευαστές ασφάλτου υψηλής ποιότητας σε όλο το κόσμο και στην Ελλάδα από κατασκευαστές οι οποίοι έχουν την έγκριση της Bulk Oil A.E. Το Street Print είναι ιδανικό για:

- . δρόμους
- . πεζόδρομους
- . διαβάσεις
- . εισόδους επιβραδύνσεως
- . χώρους πάρκινγκ
- . πλατείες
- . εκκλησίες, προαύλια
- . πάρκα, παιδικές χαρές
- . δημόσιους χώρους
- . εμπορικά πολυκαταστήματα
- . εμπορικά κέντρα

- . αθλητικούς χώρους
- . χώρους διευκρινιστικούς, λεωφορειόδρομους

Το Street Print δημιουργεί αρχιτεκτονικά αποτελέσματα με παραδοσιακό "τελείωμα". Η Σχεδίαση Ασφάλτου Street Print μπορεί να εφαρμοστεί σχεδόν σε όλους τους χώρους που είναι δυνατό να καλυφθούν με ζεστό μίγμα ασφάλτου (ZMA). Κάποιες χαρακτηριστικές εφαρμογές είναι σε:

- . πάρκιγκ
- . δρόμους πεζόδρομου
- . διαβάσεις
- . νησίδες κυκλοφορίας
- . εισόδους κλπ.

Το προϊόν μπορεί να τοποθετηθεί πάνω σε φρέσκια κοκκοειδή βάση ή ως επίστρωση σε ήδη υπάρχουσα ασφαλτοστρωμένη επιφάνεια.



#### Σύσταση και Υλικά

Το Street Print χρησιμοποιείται με έτοιμο ζεστό μίγμα ασφάλτου, το οποίο πρέπει να απλώνεται με τις σωστές μεθόδους. Η σχεδίαση της ζεστής, συμπαγούς ασφάλτου γίνεται κατόπιν, με μία σειρά από πλέγματα πολλών

χρήσεων τα οποία πιέζουμε πάνω στην επιφάνεια της. Αν κριθεί αναγκαίο, μπορούμε να αναμείξουμε και προσθετικές ουσίες στην άσφαλο για υψηλότερη απόδοση. Προς το παρόν, διατίθενται τα σχέδια, Τοίχος, Ψαροκόκαλο, Λιθόστρωτο, Πλακόστρωτο, Βρετανικός Λίθος, Βεντάλια και Τετράγωνος Σχιστόλιθος, συνεχώς όμως δημιουργούνται νέα σχέδια. Η σχεδιασμένη επιφάνεια καλύπτεται με ένα από τα Συστήματα Επίστρωσης Street Print που θα αναφέρουμε αναλυτικά πιο κάτω.

Η Street Print Standard Formula and Street Print Traffic Formula είναι δυο μίγματα τσιμέντου Ακρυλικά Πολυμερή που περιέχουν συσσωματώματα και χρωστικές ουσίες. Και τα δύο αυτά μίγματα αποτελούνται από Πολυμερή μέρη, μια ρητίνη (υγρή) και ένα σκληρυντικό (στερεό). Τα δύο συστατικά αναμιγνύονται επί τόπου και τοποθετούνται στη σχεδιασμένη επιφάνεια αμέσως μετά την εγχάραξη της με το σύστημα Street Print. Το υάλωμα Στεγανότητας Street Print είναι ένα στεγνωτικό υψηλής ποιότητας, ακρυλικό πολυμερές και διάφανο που αφήνει την επιφάνεια να «αναπνέει», σχεδιασμένο ειδικά για χρήση με τα μίγματα Street Print. Όλα μαζί τα προϊόντα αυτά αποτελούν το «Σύστημα Επίστρωσης Street Print».

#### ΑΣΦΑΛΤΙΚΕΣ MEMBRANES

Οι ασφαλτικές μεμβράνες χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των επιχωμάτων των οδών. Ο ρόλος τους είναι να παρεμποδίζουν τις διακυμάνσεις της υγρασίας μέσα στα εδάφη που ο όγκος τους μεταβάλλεται σε μεγάλο βαθμό και που υπόκεινται σε μείωση αντοχής λόγω αυξήσεως της περιεκτικότητας σε υγρασία και σε ρωγμές εξαιτίας συστολής που είναι συνέπεια της μείωσης της υγρασίας.

Οι ασφαλτικές μεμβράνες που κατασκευάζονται στην κατώτερη ζώνη χρησιμεύουν σαν μονωτικές στα τριχοειδή φαινόμενα ενώ της ανώτερης ζώνης παρεμποδίζουν την ξήρανση και συστολή του εδάφους. Με συνδυασμό των δύο παραπάνω ασφαλτικών μεμβρανών τα επιχώματα περικλείονται εντελώς και έτσι παρεμποδίζεται η μεταβολή της περιεκτικότητας της υγρασίας με αποτέλεσμα ομοιόμορφη φέρουσα ικανότητα και σταθερότητα όγκου.

Το ασφαλτικό περίβλημα πρέπει να κατασκευάζεται προσεκτικά ώστε η

ανώτερη και κατώτερη ασφαλική μεμβράνη να συνδέονται χωρίς ανοίγματα που μέσα απ' αυτά θα μπορούσε να μεταδοθεί η υγρασία. Χρσιμοποιείται άσφαλτος διεισδυτικότητας 60/70 και σε ποσότητες τουλάχιστον ενός γαλονιού για κάθε τετραγωνική γυάρδα. Στην περίπτωση που υπάρχει κίνδυνος διατρήσεως της ασφαλικής μεμβράνης διαστρώνουμε πάνω της λεπτόκοκκα αδρανή υλικά.

## ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ ΓΑΛΑΚΤΩΜΑΤΑ

Τα ασφατικά γαλακτώματα οδοποιίας έγιναν γνωστά στη χώρα μας από την εποχή των επειγόντων δημοσίων έργων ήτοι αμέσως μετά τον τελευταίο πόλεμο. Την εποχή αυτή μάλιστα λειτούργησαν υπό την εποπτεία Αμερικανών Τεχνικών και δύο μονάδες παραγωγής ασφατικών γαλακτωμάτων ανιονικού τύπου. Στη συνέχεια η παραγωγή και εμπορία των ασφατικών γαλακτωμάτων πέρασε στην ιδιωτική πρωτοβουλία χωρίς ωστόσο να τύχουν ευρείας εφαρμογής ακόμα και μέχρι σήμερα παρά την έκδοση από την Υπηρεσία επισήμων προδιαγραφών που αναφέρονται τόσο στα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά όσο και στην εφαρμογή τους. Πιθανόν, προβλήματα τα οποία παρουσιάστηκαν στην αρχή της χρησιμοποίησής τους και τα οποία ενδεχομένως οφείλονταν στις περιορισμένες τεχνολογικές γνώσεις, την ατέλεια των τεχνικών μέσων και κυρίως την απειρία του τεχνικού προσωπικού, δημιούργησαν μια δυσπιστία ως προς την αποτελεσματικότητά τους στα έργα, τόσο από τους κατασκευαστές όσο και από τους αρμόδιους υπηρεσιακούς τομείς.

## ΣΥΝΘΕΣΗ

Τα ασφατικά γαλακτώματα ως γνωστόν είναι αιωρήματα ασφάλτου σε λεπτό διαμερισμό (1 έως 5μ) μέσα στο νερό. Η σταθεροποίηση του διφασικού αυτού συστήματος επιτυγχάνεται με την ομοιόμορφη ηλεκτροφόρτιση των τεμαχίων της ασφάλτου με θετικά ή αρνητικά ηλεκτρικά φορτία, τα οποία έτσι απωθούνται μεταξύ τους, με αποτέλεσμα να αποφεύγεται η συνένωσή τους σε άσφαλο (διάσπαση του γαλακτώματος). Η ηλεκτροφόρτιση των σωματιδίων της ασφάλτου επιτυγχάνεται με την χρησιμοποίηση ειδικών χημικών ουσιών που καλούνται γαλακτοποιητές και ανάλογα με την σύνθεσή τους ηλεκτροφορτίζουν τα τεμάχια της ασφάλτου είτε θετικά, όπως στην

περίπτωση των κατιονικών (όξινων) γαλακτωμάτων, είτε αρνητικά, όπως στην περίπτωση των ανιονικών (αλκαλικών) γαλακτωμάτων. Στην περίπτωση που τα σωματίδια της ασφάλτου χάσουν το ηλεκτρικό τους φορτίο, όπως συμβαίνει με την επαφή τους με τα αδρανή υλικά ή άλλες ουσίες αντίθετα ηλεκτροφορισμένες, συσσωματώνονται και διαχωρίζονται από την υδατική φάση ανακτωμένης έτσι της αρχικής ασφάλτου.

Ο βασικός λοιπόν σκοπός της ρευστοποίησης της ασφάλτου με τη μορφή γαλακτώματος, είναι η παροχή δυνατότητας χρησιμοποίησης της δε περιπτώσεις που δεν είναι εφικτή ή επιθυμητή για διάφορους λόγους η χρησιμοποίησή της είτε με την μορφή της καθαρής ασφάλτου είτε ρευστοποιημένη με την μορφή ασφαλικού διαλύματος.

## ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Η εξέλιξη της έρευνας και της τεχνολογίας επιτρέπει σήμερα την παραγωγή ασφαλικών γαλακτωμάτων οδοποιίας, τα οποία μπορούν να αντικαταστήσουν τόσο την ασφαλτο όσο και τα ασφαλικά διαλύματα σε όλες τις περιπτώσεις ασφαλικών έργων οδοποιίας. Με τη χρησιμοποίηση των ασφαλικών γαλακτωμάτων επεκτάθηκε και στους πλέον εξειδικευμένους τομείς οδοποιίας, καθώς και δε πλήθος άλλων παρεμφερών με την οδοποιία ασφαλικών έργων. Με την βοήθεια επίσης ειδικών γαλακτοποιητών, έχει επιτευχθεί η παραγωγή ασφαλικών γαλακτωμάτων μέσης ή βραδείας διάσπασης. Έτσι αποκλείεται η χρήση φωτιστικού πετρελαίου όπως προβλέπεται από τις αντίστοιχες Ελληνικές προδιαγραφές που ισχύουν για τα ασφαλικά διαλύματα με συνέπεια την οικονομία καυσίμων και την μειωμένη ρύπανση του περιβάλλοντος .

Σημειώνουμε επίσης ότι από τις δύο περιπτώσεις ασφαλικών γαλακτωμάτων, ήτοι των κατιονικών και των ανιονικών, τα κατιονικά γαλακτώματα τυγχάνουν ευρύτατης και σχεδόν μονοπωλιακής χρησιμοποίησης, αφού με τις νεώτερες συνθέσεις γαλακτωποιητών που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν με την ίδια επιτυχία τόσο με αλκαλικά (ασβεστολιθικά) όσο και με όξινα (πυριτικά) πετρώματα. Σημειώνουμε εδώ σαν πλεονέκτημα των ασφαλικών γαλακτωμάτων και ιδιαίτερα των σύγχρονων κατιονικών, το γεγονός ότι δεν



αντιμετωπίζεται πρόβλημα υδροφιλίας, αφού οι παράγοντες γαλακτοποίησης ενεργούν και σαν αντιυδροφιλικά υλικά.

Σήμερα με τα βελτιωμένης και εξειδικευμένης ποιότητας ασφαλτικά γαλακτώματα οδοποιίας αντιμετωπίζονται επιτυχώς όλες οι περιπτώσεις έργων οδοποιίας ήτοι, προεπαλείψεων, συγκολλητικών επαλείψεων, σφραγιστικών επαλείψεων, εμποτισμένων σκυρωτών, κατασκευών ανοικτού ή κλειστού τύπου ασφαλτομιγμάτων καθώς επίσης λεπτοταπήτων τύπου SLARRY SEALING κ.λπ.

Στην χώρα μας ισχύουν από πολλού χρόνου, τόσο προδιαγραφές ποιότητας για τα ανιονικά και κατιονικά γαλακτώματα όσο και προδιαγραφές μεγάλου αριθμού ασφαλτικών κατασκευών. Οι προδιαγραφές αυτές δίνουν το δικαίωμα επιλογής μεταξύ των διαφόρων τύπων ασφαλτικών υλικών (άσφαλτοι γαλακτώματα διαλύματα ) και παρέχουν επίσης οδηγίες εφαρμογής καθενός από τα παραπάνω υλικά στις υπ'όψιν κατασκευές. Στην επιλογή του εκάστοτε χρησιμοποιηθησομένου ασφαλτικού υλικού θα πρέπει να λαμβάνονται υπ'όψιν μερικά βασικά πλεονεκτήματα των ασφαλτικών γαλακτωμάτων σε σχέση με τα υπόλοιπα ασφαλτικά υλικά και ιδιαίτερα τα ασφαλτικά διαλύματα όπως π.χ. ότι τα γαλακτώματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν με ελαφρά μονό ή χωρίς καθόλου θέρμανση (περιορισμός στη χρήση καυσίμων και μόλυνσης του περιβάλλοντος), να χρησιμοποιηθούν με ύφυγρα αδρανή υλικά ή σε ύφυγρες επιφάνειες ασφαλτικών στρώσεων ή στρώσεων βάσεων (κέρδος χρόνου) να μην χρησιμοποιηθούν αντιυδρόφιλα παρασκευάσματα για την αντιμετώπιση τυχών υδροφιλίας των αδρανών (μείωση κόστους) κ.λπ.

#### ΙΠΤΑΜΕΝΗ ΤΕΦΡΑ

Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 450 για τα κατασκευαστικά υλικά, η ιπτάμενη τέφρα ορίζεται ως το λεπτόκοκκο υλικό αποτελούμενο από κυρίως σφαιρικά, υαλώδη σωματίδια, προερχόμενα από την καύση κονιορτοποιημένου άνθρακα. Λαμβάνεται από τα ηλεκτροστατικά ή μηχανικά φίλτρα, τα οποία την δεσμεύουν από τα απαέρια των λεβήτων καύσης κονιορτοποιημένου άνθρακα. Μπορεί να είναι πυριτικής ή ασβεστολιθικής προέλευσης.

Το ευρωπαϊκό πρότυπο EN197-1 διαχωρίζει τις τέφρες σε δύο μεγάλες

κατηγορίες:

- Στις πυριτικές τέφρες (V), οι οποίες περιέχουν λιγότερο από 10% CaO
- Στις ασβεστολιθικές τέφρες (W), η οποίες περιέχουν 10-35% CaO

Οι τέφρες της πρώτης κατηγορίας παρουσιάζουν ποζολανικές ιδιότητες, ενώ της δεύτερης κατηγορίας μπορεί να έχουν και υδραυλικές ιδιότητες.

Σύμφωνα με το αμερικάνικο πρότυπο ASTM C 618, οι τέφρες διαχωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Στις τέφρες τύπου N, οι οποίες περιλαμβάνουν ακατέργαστες ποζολάνες με τουλάχιστον 70% SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> και Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.
- Στις τέφρες τύπου F που παράγονται από την καύση ανθρακίτη ή βιταμινούχου κάρβουνου με τουλάχιστον 70% SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> και Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, και τέλος
- Στις τέφρες τύπου C, που είναι εκείνες που παράγονται από την καύση λιγνίτη και υπό-βιταμινούχου κάρβουνου και περιέχουν τουλάχιστον 50% αλλά λιγότερο από 70% SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> και Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.  
Οι τέφρες τύπου F περιέχουν συνήθως λιγότερο από 5% CaO, ενώ οι τέφρες τύπου C περιέχουν μεγάλη ποσότητα CaO (10-35%).

Οι ελληνικές ιπτάμενες τέφρες ανήκουν στην κατηγορία των ασβεστολιθικών τεφρών (W) σύμφωνα με το EN197-1 και στην κατηγορία C σύμφωνα με το ASTM C 618, λόγω των υψηλών ποσοστών CaO που περιέχουν.

Εφαρμογές

Η ιπτάμενη τέφρα βρίσκει εφαρμογή στους εξής τομείς:

- Παραγωγή τσιμέντου
- Σκυρόδεμα
- Σκυρόδεμα μεγάλων διατομών
- Σκυρόδεμα πεζοδρόμησης
- Κονιάματα – Τσιμεντενέσεις
- δομικά τυποποιημένα στοιχεία

- Αγωγοί από σκυρόδεμα
- Δομικά υλικά
- Οδοποιία
- Ανάκτηση μετάλλων
- Σταθεροποίηση-στερεοποίηση επικίνδυνων αποβλήτων
- Εξυγίανση βιομηχανικών αποβλήτων
- Αποκατάσταση λιγνιτοφόρων περιοχών
- Παραγωγή συνθετικών ζεόλιθων

Εμάς μας ενδιαφέρει η εφαρμογή της ιπτάμενης τέφρας στην οδοποιία και παρακάτω παρουσιάζεται αυτή αναλυτικά:

#### Εφαρμογή στην οδοποιία

Η ιπτάμενη τέφρα έχει εκτεταμένη εφαρμογή στην κατασκευή οδοστρωμάτων στις χώρες του εξωτερικού και ιδιαίτερα στη Γαλλία και στην Ινδία όπου υπάρχουν προδιαγεγραμμένοι τύποι οδοστρωμάτων που περιλαμβάνουν στρώσεις από σταθεροποιημένα με ιπτάμενη τέφρα υλικά και καλύπτουν διάφορες περιπτώσεις κυκλοφορίας και φέρουσας ικανότητας εδάφους. Η σταθεροποίηση των υλικών οδοποιίας με ιπτάμενη τέφρα εξαρτάται από τη χημική σύσταση και τη λεπτότητα της ιπτάμενης τέφρας και έχει στόχους όπως: να προσδώσει αντοχή (θλιπτική, εφελκυστική) σε υλικά που στη φυσική τους κατάσταση δεν είχαν τη δυνατότητα να παραλάβουν μεγάλα φορτία, αυξάνοντας έτσι τη φέρουσα ικανότητα της στρώσης και να χρησιμοποιήσει "περιθωριακά" και αρχικά "ακατάλληλα υλικά" που δεν θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν αυτούσια σε στρώσεις οδοποιίας, όπως ισόκοκκοι άμμοι, ιλυώδεις άμμοι κλπ.

Στα οδοστρώματα έχουμε τις παρακάτω συστάσεις:

- Την επιφανειακή στρώση, που κύριο σκοπό έχει την εξασφάλιση ομαλότητας για την κύλιση των τροχών και την ανάπτυξη επαρκών δυνάμεων με το λάστιχο. Συνήθως είναι ένα μίγμα ασφάλτου πάχους 3 έως και 5 cm.
- Τη στρώση βάσης, που έχει ως κύριο σκοπό την ανάληψη συγκεντρώσεων φορτίων των τροχών και την κατανομή τους σε μεγαλύτερες επιφάνειες στις υποκείμενες στρώσεις, και για αυτό και ονομάζεται φέρουσα στρώση. Το πάχος της μπορεί να κυμαίνεται από 10 ως και 30 cm και εξαρτάται από την

ένταση της κυκλοφορίας (πυκνότητα και μέγεθος φορτίων) και τον τύπο κατασκευής, σε συνδυασμό με το είδος του στρώματος υποβάσεως.

- Τη στρώση υπόβασης που είναι αναγκαία για τη διανομή των φορτίων σε μεγαλύτερη επιφάνεια του υποκείμενου φυσικού εδάφους. Σε περίπτωση ισχυρού υπεδάφους μπορεί να παραλείπεται (πάχος 0) ενώ σε πολύ ασθενή υπεδάφη μπορεί να έχει πάχος έως και 1 m. Η ιπτάμενη τέφρα χρησιμοποιείται ως ενισχυτικό στις δύο τελευταίες στρώσεις.

Από έρευνες που έγιναν με τη χρήση της τέφρας σαν συνδετικό υλικό για την κατασκευή οδοστρωμάτων, προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα: Η ανάμιξη της τέφρας με διάφορα υλικά βελτιώνει τα φυσικά και τα μηχανικά χαρακτηριστικά όπως την αντοχή σε θλίψη, την πλαστικότητα και την κοκκομετρική διαβάθμιση. Ο βαθμός βελτίωσης των χαρακτηριστικών εξαρτάται από τη λεπτότητα της χρησιμοποιούμενης ιπτάμενης τέφρας και της χημικής της σύστασης. Από πειραματική εφαρμογή της ιπτάμενης τέφρας σε οδόστρωμα, διαπιστώθηκε ότι είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση κατάλληλου κατασκευαστικού εξοπλισμού (όπως χρήση ελαστικοφόρου οδοστρωτήρα) και η πιστή τήρηση των κανόνων ορθής κατασκευής (καλή άλεση των υλικών). Ως εκ τούτου, θεωρείται αναγκαία η σύνταξη τεχνικών προδιαγραφών για τη χρησιμοποίηση της ιπτάμενης τέφρας στην οδοποιία καθώς επίσης και ο σωστός προγραμματισμός έργων που να επιτρέπει την προμήθεια του απαραίτητου μηχανικού εξοπλισμού.

Θα πρέπει να βρεθεί η έκταση της εφαρμογής της ιπτάμενης τέφρας καθώς και η οικονομική ακτίνα χρήσης της, σε συνάρτηση με αναζήτηση μεθόδων μαζικής μεταφοράς της που θα μειώνει το κόστος μεταφοράς, που είναι το βασικό μειονέκτημα των ιπτάμενων τεφρών σε σχέση με τη χρήση της στην οδοποιία.

Επίσης, πολύ συχνά το πέτρωμα του υπεδάφους ενισχύεται ύστερα από όργωμα και ανάμιξη τσιμέντου ή υδρασβέστου ή ποζολανικής κονίας και νερού, με επακολουθούσα συμπίεση με οδοστρωτήρα ή δονητικές πλάκες. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται "σταθεροποίηση του εδάφους" και αποτελεί μια δυνατότητα εκτεταμένων εφαρμογών του μίγματος ιπτάμενης τέφρας-υδρασβέστου.

Γενικά κρίνεται ότι είναι δυνατή η χρησιμοποίηση της ιπτάμενης τέφρας σε στρώσεις οδοποιίας, με την επιφύλαξη όμως ότι θα πρέπει κάθε φορά να

γίνεται ειδική μελέτη για την εύρεση της αποτελεσματικότητας της εφαρμογής της που εξαρτάται από τη σύστασή της.

### 3.3 ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΡΗ ΣΤΡΩΣΗ ΑΣΦΑΛΤΙΚΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Τάπτητας κυκλοφορίας με αντιολισθηρές ιδιότητες

Η επιφάνεια της ανώτερης στρώσης ενός οδοστρώματος πρέπει πάντα να έχει καλές αντιολισθηρές ιδιότητες. Το ασφαλτικό σκυρόδεμα που χρησιμοποιείται για την κατασκευή αντιολισθηρής στρώσης, είναι ασφαλτόμιγμα παραγόμενο και διαστρωνόμενο "εν θερμώ", αυστηρά ελεγμένης σύνθεσης, από καθαρή ή τροποποιημένη με βελτιωτικά άσφαλο και σκληρά αδρανή υλικά. Με αυτή τη μέθοδο, λόγω της υψηλής μηχανικής αντοχής του ασφαλτικού σκυροδέματος, εξασφαλίζεται αφενός η ενίσχυση του οδοστρώματος (όταν γίνεται σε πάχη μεγαλύτερα των 4 cm) και αφετέρου η επίτευξη ικανοποιητικών επιφανειακών χαρακτηριστικών ομαλότητας, ομοιομορφίας, αντίστασης σε ολίσθηση και επιφανειακής τραχύτητας. Σε περίπτωση εφαρμογής λεπτών στρώσεων σε παλαιά οδοστρώματα, θα πρέπει προηγουμένως να ελέγχεται η επάρκεια της φέρουσας ικανότητας του υποκείμενου οδοστρώματος (και η ομαλότητα της επιφάνειας) και να εξασφαλίζεται η ικανοποιητική συγκόλληση της τελικής στρώσης. Μία αποτελεσματική προετοιμασία, για τις συνήθεις περιπτώσεις φθορών, είναι το φρεζάρισμα "εν ψυχρώ" και στη συνέχεια η εφαρμογή ισχυρής συγκολλητικής επάλειψης με κατιονικό γαλάκτωμα.

Ο μελετητής μπορεί να επιλέξει ανάμεσα σε πέντε εναλλακτικά ασφαλτομίγματα τα οποία παρέχουν καλή αντιολισθηρή επιφάνεια. Τα μίγματα αυτά καλούνται αντιολισθηρές στρώσεις κυκλοφορίας και είναι τα εξής:

- α) Πορώδης τάπτητας
- β) Ανοικτής διαβάθμισης ασφαλτομίγματα για αντιολισθηρή στρώση
- γ) Πυκνό ασφαλτικό σκυρόδεμα για αντιολισθηρή στρώση
- δ) Slurry seal (microsurfacing) και
- ε) Stone (ή split) Mastic Asphalt (SMA)

Οι βασικές διαφορές μεταξύ των παραπάνω μιγμάτων σχετίζονται με:

- α) την αντιολισθηρότητα και το βάθος υφής,
- β) την αντίσταση σε παραμένουσα παραμόρφωση,
- γ) το πορώδες,
- δ) την αναμενόμενη διάρκεια ζωής,
- ε) την ποσότητα των χρησιμοποιούμενων σκληρών αδρανών και
- στ) τη συμμετοχή στην αντοχή του οδοστρώματος.

Πορώδεις τάπητες και μίγματα ανοικτής διαβάθμισης

Οι πορώδεις τάπητες και τα μίγματα ανοικτής διαβάθμισης παρέχουν το υψηλότερο βάθος υφής από οποιοδήποτε άλλο μίγμα και, με την προϋπόθεση ότι τα αδρανή έχουν καλή επιφανειακή μικρο-υφή, η αντιολισθηρότητα αναμένεται να είναι η υψηλότερη από κάθε άλλο μίγμα. Αυτά τα δύο μίγματα, λόγω του πολύ υψηλού πορώδους που διαθέτουν, δρουν σαν επιφανειακές στραγγιστικές στρώσεις, γεγονός που αφενός διατηρεί υψηλό ποσοστό στεγνών επιφανειών επαφής μεταξύ της επιφάνειας της οδού και των τροχών, αφετέρου εκμηδενίζει την εκπομπή σωματιδίων νερού από την κίνηση των τροχών σε υγρή επιφάνεια. Επιπρόσθετα, λόγω του υψηλού βάθους υφής και του υψηλού ποσοστού των κενών, έχουν την ικανότητα μείωσης του θορύβου που προκαλείται από την κυκλοφορία (μείωση της τάξης των 4dB). Η αναμενόμενη διάρκεια ζωής (περίπου 7 χρόνια, για μέση κυκλοφορία) δεν είναι τόσο υψηλή όσο των μιγμάτων (γ) και (ε) και η συμβολή τους στην αντοχή του οδοστρώματος είναι περίπου το ήμισυ αυτής που παρέχεται από τα μίγματα (γ) και (ε). Παράγονται σχεδόν αποκλειστικά από μονόκοκκα σκληρά αδρανή. Τέλος, λόγω του πολύ υψηλού πορώδους είναι απολύτως απαραίτητο η υποκείμενη στρώση να κατασκευαστεί από πυκνό ασφαλικό σκυρόδεμα. Η συμπεριφορά τους σε παραμένουσα παραμόρφωση είναι καλή, με την προϋπόθεση ότι έχουν συμπυκνωθεί κατάλληλα (ωστόσο, η συμπύκνωση δεν αποτελεί πρόβλημα με αυτού του είδους τα μίγματα).

## Πυκνό ασφαλτικό σκυρόδεμα για αντιολισθηρή στρώση

Το πυκνό ασφαλτικό σκυρόδεμα για αντιολισθηρή στρώση είναι παρόμοιο με το ασφαλτικό σκυρόδεμα για τάπητα κυκλοφορίας. Η μόνη διαφορά είναι το είδος των αδρανών που χρησιμοποιείται. Τουλάχιστον το χονδρόκοκκο μέρος των αδρανών που χρησιμοποιούνται στο μίγμα πρέπει να είναι από κατάλληλα σκληρά αδρανή για αντιολισθηρές στρώσεις. Το μίγμα είναι πυκνό και σχεδόν αδιαπέρατο. Παρέχει χαμηλό βάθος υφής και η αναμενόμενη αντίσταση σε ολίσθηση είναι η χαμηλότερη σε σύγκριση με όλα τα παραπάνω μίγματα. Η αντίσταση σε παραμένουσα παραμόρφωση επηρεάζεται από τη σκληρότητα του ασφαλτικού υλικού αλλά, σε κάθε περίπτωση, όπως κάθε ασφαλτικό μίγμα, τείνει να παραμορφώνεται μετά από ορισμένο χρονικό διάστημα. Αν το μίγμα σχεδιαστεί κατάλληλα (σωστή σύνθεση μίγματος) το οδόστρωμα δεν παραμορφώνεται πρόωρα. Η αναμενόμενη διάρκεια ζωής είναι μεγαλύτερη από τα ανοικτής διαβάθμισης και τα πορώδη μίγματα (περίπου 10 χρόνια, υπό μέσους κυκλοφοριακούς φόρτους). Εντούτοις, η αναμενόμενη διάρκεια ζωής, όπως και σε όλες τις αντιολισθηρές στρώσεις, υπαγορεύεται και από το βαθμό σκληρότητας των χρησιμοποιούμενων αδρανών.

## Slurry seal (microsurfacing)

Το μίγμα slurry seal, σε αντίθεση με όλα τα άλλα θερμά μίγματα, είναι ένα μίγμα που παράγεται και διαστρώνεται εν ψυχρώ. Παράγεται με τροποποιημένο ελαστομερές ασφαλτικό γαλάκτωμα, διαστρώνεται σε πάχος 10mm περίπου και παρέχει καλή μακρο- και μικροϋφή επιφανείας. Η παρουσία καλής μακρο και μικροϋφής έχει σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη υψηλής αντίστασης σε ολίσθηση. Η αναμενόμενη διάρκεια ζωής του είναι η μικρότερη από όλα τα άλλα μίγματα για αντιολισθηρές στρώσεις (περίπου 5 χρόνια, για μέσους κυκλοφοριακούς φόρτους). Η συμμετοχή του στην αντοχή του οδοστρώματος είναι μηδενική. Το μεγάλο του πλεονέκτημα σε σύγκριση με τα υπόλοιπα μίγματα είναι το γεγονός ότι απαιτεί μόνο, περίπου, 12% έως 15% της ποσότητας σκληρών αδρανών που χρησιμοποιούνται σε άλλα μίγματα για αντιολισθηρές στρώσεις (πάχους 40mm). Εκτός από το γεγονός



ότι δεν μολύνει το περιβάλλον και παρέχει ασφαλέστερες συνθήκες εργασίας, μπορεί να επισκευαστεί και να ανανεωθεί ευκολότερα και ταχύτερα από οποιαδήποτε άλλη αντιολισθηρή στρώση. Όσον αφορά τη μείωση του θορύβου, έχει αποδειχτεί ότι επέρχεται μια μικρή μείωση του θορύβου. Η ύπαρξη μιας σχετικά μεγάλης ποσότητας ασφάλτου έχει σαν αποτέλεσμα την προστασία της υποκείμενης στρώσης από οξείδωση και γήρανση της ασφάλτου.

### Stone Mastic Asphalt (SMA)

Τα μίγματα Stone (ή Split) Mastic Asphalt αναπτύχθηκαν στη Γερμανία και τις Σκανδιναβικές χώρες στα μέσα της δεκαετίας του '60. Ο κύριος λόγος για την ανάπτυξη των μιγμάτων αυτών ήταν η απαίτηση ενός τάπητα κυκλοφορίας που θα συνδύαζε αυξημένη αντίσταση σε φθορά από ελαστικά με καρφιά, ικανοποιητική συμπεριφορά σε ολίσθηση, αυξημένη αντίσταση σε παραμόρφωση και μεγάλη διάρκεια ζωής. Σήμερα, παρόλο που δεν υφίσταται η πρώτη απαίτηση, τα μίγματα SMA χρησιμοποιούνται για τους υπόλοιπους αναφερόμενους λόγους σαν τάπητες κυκλοφορίας κυρίως σε οδούς βαριάς κυκλοφορίας. Λόγω των καλών ιδιοτήτων τους σε ολίσθηση, καθώς και κυρίως της αντοχής τους σε παραμόρφωση, τα μίγματα αυτά άρχισαν να χρησιμοποιούνται και σε άλλες χώρες. Τα μίγματα SMA δεν έχουν ακόμη χρησιμοποιηθεί στην Ελλάδα.

Το SMA αποτελείται από μίγμα αδρανών μη συνεχούς κοκκομετρικής διαβάθμισης, με κοινή άσφαλο σαν συνδετικό υλικό και σταθεροποιητικά πρόσθετα (κυρίως κατάλληλες ίνες). Η υψηλή περιεκτικότητα σε χονδρόκοκκα αδρανή έχει σαν αποτέλεσμα τη δόμηση ενός σκελετού αδρανών που παρουσιάζει ο ίδιος μηχανική αντοχή, με τα περισσότερα κενά γεμάτα με άσφαλο. Η υψηλή περιεκτικότητα ασφάλτου που χρησιμοποιείται στο SMA το διαφοροποιεί από τους άλλους τύπους θερμών μιγμάτων και συμβάλλει στη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, λόγω του βραδύτερου ρυθμού οξείδωσης της ασφάλτου.

## Υλικά

Τα αδρανή που χρησιμοποιούνται είναι θραυστά και σκληρά χονδρόκοκκα και λεπτόκοκκα αδρανή και ασβεστολιθική παιπάλη. Τα αδρανή πρέπει να είναι κατάλληλα για αντιολισθηρές στρώσεις. Η άσφαλτος που χρησιμοποιείται είναι συνήθως 50/70pen. Τα σταθεροποιητικά πρόσθετα είναι κυρίως ίνες και σκοπό έχουν την αύξηση της σχετικής επιφάνειας που καλύπτεται με άσφαλτο. Οι ίνες δεν πρέπει να απορροφούν την άσφαλτο. Οι απαιτήσεις σχετικά με τη διαβάθμιση των αδρανών καθώς και άλλες χαρακτηριστικές ιδιότητες των μιγμάτων δίνονται στον Πίνακα 3.

## Σύνθεση μίγματος, παραγωγή και διάστρωση

Η σύνθεση του μίγματος είναι σχεδόν τυποποιημένη. Η μόνη απαίτηση είναι το ποσοστό των κενών να είναι μεταξύ 3% και 4%. Ο προσδιορισμός του ποσοστού των κενών γίνεται από δοκίμια Marshall. Τα μίγματα SMA παράγονται σε κοινά ασφαλτικά συγκροτήματα. Ίαστρώνονται και συμπυκνώνονται με κοινούς διαστρωτήρες (finisher) και λαστιχοφόρους οδοστρωτήρες, αντίστοιχα. Οι απαιτήσεις για το βαθμό συμπύκνωσης στο έργο και το πάχος που πρέπει να διαστρωθεί σύμφωνα με το ονομαστικό μέγεθος μέγιστου κόκκου των αδρανών δίνονται επίσης στον Πίνακα 3. Συμπερασματικά, το SMA, αν και δεν χρησιμοποιείται ακόμη στην Ελλάδα, μπορεί να θεωρηθεί αξιόλογο εναλλακτικό υλικό για τμήματα οδού με βαριά έως πολύ βαριά κυκλοφορία. Είναι πολύ ανθεκτικό στην παραμόρφωση με καλές τιμές αντιολίσθησης. Οστόσο, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας συνδετικού υλικού, είναι το ακριβότερο από όλα τα υλικά που προαναφέρθηκαν. Η διάρκεια ζωής του είναι περίπου 12-13 χρόνια (κατά δήλωση των παραγωγών).

SMA :	0/11S	0/8S
1. Αδρανής	Καλής ποιότητας θραυστό χονδρόκοκκο και λεπτόκοκκο υλικό, πιστοποιη λατομείου (% κατά βάρος)	
Διαβάθμιση (mm)	0/11	0/8
≤ 0,09 mm	9 - 13	10 - 13
≥ 2,0 mm	75 - 80	75 - 80
≥ 5,0 mm	60 - 70	≥ 65
≥ 8,0 mm	≥ 40	≥ 10
≥ 11,2 mm	≥ 10	-
2. Συνδετικό		
Τύπος ασφάλτου	50/70 pen	50/70 pen
Ποσοστό ασφάλτου (% κατά βάρος)	≥ 6,5	≥ 7,0
3. Σταθεροποιητικό πρόσθετο (ως κλπ.)		
Ποσοστό στο μίγμα (% κατά βάρος)	0,3 - 1,5	
4. Μίγμα		
Δοκίμα Marshall		
Κανά αέρος (% κατ' όγκο)	3,0 - 4,0	3,0 - 4,0
Θερμοκρασία συμπίκνωσης (°C)	135 ± 5	
5. Σημειώνωθήτεια στρώση		
Πάχος (mm)	35 - 40	25 - 35
Ποσότητα ανά m <sup>2</sup> (kg/m <sup>2</sup> )	85 - 100	70 - 100
Βαθμός συμπίκνωσης (%)	≥ 97	
Κανά αέρος (% κατ' όγκο)	≤ 6,0	

Ο μελετητής μπορεί βέβαια να χρησιμοποιήσει οποιοδήποτε άλλο υλικό, εκτός των προαναφερόμενων, για την κατασκευή αντιολισθηρής στρώσης, εάν αυτό έχει αποδειχθεί ότι είναι κατάλληλο για αντιολισθηρές στρώσεις.

#### ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΡΗΣ ΣΤΡΩΣΗΣ

Η επιλογή του τύπου της αντιολισθηρής στρώσης είναι συνάρτηση διαφόρων παραμέτρων που διαφέρουν από έργο σε έργο. Είναι επομένως απόφαση του μελετητή, αφού συνυπολογίσει όλες τις παραμέτρους, να επιλέξει την καταλληλότερη αντιολισθηρή στρώση.

Οι κυριότερες παράμετροι που πρέπει να συνυπολογιστούν είναι:

α) αντιολισθηρότητα (συντελεστής ολίσθησης ή αντίστασης σε ολίσθηση)

- β) κόστος (υλικού και κατασκευής λαμβάνοντας επίσης υπόψη τη συμβολή ή μη στη φέρουσα ικανότητα του οδοστρώματος, αφού πρόκειται για νέα κατασκευή. Άρα πρέπει να λαμβάνεται το συνολικό αποτελεσματικό κόστος)
- γ) διαθεσιμότητα υλικού στην αγορά
- δ) οικονομία σε σκληρά αδρανή (σε σχέση με τη διαθεσιμότητα σκληρών αδρανών και την προστασία των φυσικών πόρων)
- ε) αναμενόμενη διάρκεια ζωής
- στ) μείωση του παραγόμενου θορύβου
- ζ) ευκολία ανανέωσης ή συντήρησης

Για τη διευκόλυνση του μελετητή στην επιλογή της καταλληλότερης αντιολισθηρής στρώσης προτείνεται όπως ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

Αρχικά βαθμολογείται κάθε μίγμα συναρτήσει καθεμιάς από τις προαναφερόμενες παραμέτρους σε κλίμακα από 1 έως 5. Το 5 χαρακτηρίζει το μίγμα με την υψηλότερη αντιολισθηρότητα, το πιο φθινό, το πιο άμεσα διαθέσιμο στην αγορά, με τη μικρότερη απαίτηση σκληρών αδρανών, με τη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, τη μεγαλύτερη μείωση θορύβου και το πιο εύκολο στην ανανέωση και συντήρηση. Για τις αντιολισθηρές στρώσεις που εξετάστηκαν, κατά υποκειμενική άποψη, η βαθμολογία τους είναι αυτή που δίνεται στον Πίνακα 4.

Τύπος αντιολισθηρής στρώσης	Αντιολισθηρότητα	Κόστος	Διαθεσιμότητα στην αγορά	Οικονομία σε σκληρά αδρανή	Αναμενόμενη διάρκεια ζωής	Μείωση θορύβου	Ευκολία ανανέωσης/ συντήρ.
AΣ <sub>α</sub>	2	5	5	1	4	1	3
AΔ <sub>α</sub>	4	2	3	2	2	5	2
ΠΤ	5	2	3	2	3	5	2
SMA	4	3	1	1	5	3	3
SL <sub>α</sub>	4	4	5	5	1	2	5

Κατόπιν εξετάζεται ποια από τις παραπάνω παραμέτρους είναι πιο σημαντική σε κάθε συγκεκριμένο έργο. Οι παράμετροι μπαίνουν σε φθίνουσα σειρά σπουδαιότητας και λαμβάνουν ένα συντελεστή βαρύτητας από το 7 ως το 1. Δηλαδή, εάν η σειρά σπουδαιότητας για ένα συγκεκριμένο έργο είναι: αντιολισθηρότητα, κόστος, οικονομία σε σκληρά αδρανή, αναμενόμενη διάρκεια ζωής, διαθεσιμότητα στην αγορά, μείωση θορύβου και ευκολία ανανέωσης, οι συντελεστές βαρύτητας είναι από 7, η περισσότερο σημαντική, έως 1, η λιγότερο σημαντική παράμετρος. Το αθροιστικό γινόμενο της βαθμολογίας της κάθε παραμέτρου ανά αντιολισθηρή στρώση και του αντίστοιχου συντελεστή βαρύτητας δίνει το συντελεστή λήψης απόφασης για κάθε αντιολισθηρή στρώση. δηλαδή,

$$ΛΑ = \sum (ΣΒ)_i \times (ΣΚ)_i \quad (1)$$

όπου, ΛΑ = λήψη απόφασης για την αντιολισθηρή στρώση

ΣΒ = συντελεστής βαρύτητας, από το 1 ως το 7

ΣΚ = συντελεστής κατάταξης, από τον Πίνακα 4

i = παράμετρος που εξετάζεται

Συγκρινόμενες οι αριθμητικές τιμές ΛΑ για κάθε εναλλακτική αντιολισθηρή στρώση παρέχουν τη δυνατότητα αντικειμενικής επιλογής της βέλτιστης λύσης. Η καλύτερη επιλογή αντιολισθηρής στρώσης για το έργο είναι αυτή που έχει τη μεγαλύτερη τιμή ΛΑ.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι παράμετροι που ελήφθησαν υπόψη μπορούν να επαυξηθούν όπως και ο αριθμός των εναλλακτικών για την κατασκευή αντιολισθηρής στρώσης. Επίσης θα μπορούσε να τροποποιηθεί ελαφρώς η προτεινόμενη βαθμολόγηση των παραμέτρων ανά αντιολισθηρή στρώση. Πλην όμως, διατηρώντας τις βασικές αρχές, η διαδικασία επιλογής της βέλτιστης αντιολισθηρής στρώσης παραμένει η ίδια.

Με την προαναφερθείσα διαδικασία επιτυγχάνεται μια πιο αντικειμενική επιλογή της αντιολισθηρής στρώσης για το έργο. Για την τελική επιλογή, πάντως, θα πρέπει επίσης να λαμβάνεται υπόψη και το αποτέλεσμα της οικονομικής ανάλυσης (ανάλυση κόστους διάρκειας ζωής) του οδοστρώματος,

Ο συνδυασμός των παραπάνω δύο διαδικασιών αποτελεί την πλέον επιστημονική και ορθότερη προσέγγιση κατά τη διαδικασία λήψης των αποφάσεων.

Κριτήρια επιλογής τύπου στρώσης βάσει τεχνικών προδιαγραφών.

ΤΥΠΟΣ 1: Ασφαλικό σκυρόδεμα πυκνής σύνθεσης, με ονομαστικό μέγεθος αδρανών 12,5 mm, ή 9,5 mm. Εφαρμόζεται σε περιπτώσεις, που ενδιαφέρει, πέραν από την εξασφάλιση της αντισθηρότητας, η ενίσχυση και η στεγανότητα του οδοστρώματος. Με αυτό τον τρόπο, δεν επιτυγχάνεται μεγάλο βάθος επιφανειακής τραχύτητας.

ΤΥΠΟΣ 2: αδρανών 12,5 mm, ή 9,5 mm. Με αυτόν τον τύπο, εξασφαλίζεται καλύτερη επιφανειακή τραχύτητα, με αποτέλεσμα την καλύτερη διατήρηση της αντίστασης σε ολίσθηση και σε υψηλές ταχύτητες. Λόγω αυξημένου ποσοστού κενών, η διάρκεια ζωής του ασφαλτοτάπητα είναι σχετικά μικρότερη, σε σύγκριση με τον Τύπο 1.

Τα συνιστώμενα πάχη στρώσεων των εν λόγω τύπων ασφαλτομιγμάτων είναι 4 cm (για ονομαστικό μέγεθος μέγιστου κόκκου 12,5 mm), ή 3 cm (για ονομαστικό μέγεθος μέγιστου κόκκου 9,5 mm).

#### ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΡΟΧΗΣ ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ

Τα αδρανή διακρίνονται σε χονδρόκοκκα συγκρατούμενα στο κόσκινο ανοίγματος 2 mm (2,36 mm), σε λεπτόκοκκα διερχόμενα από το κόσκινο ανοίγματος 2 mm και συγκρατούμενα στο κόσκινο ανοίγματος 0,063 mm και σε παιπάλη διερχόμενη από το κόσκινο ανοίγματος 0,063 mm.

Χονδρόκοκκο υλικό. Στις ασφαλικές στρώσεις το χονδρόκοκκο κλάσμα των αδρανών είναι εκείνο που προσδίδει κυρίως τις χαρακτηριστικές αντισθηρές ιδιότητες (μικροτραχύτητα και μακροτραχύτητα) της επιφανείας του οδοστρώματος και για αυτό θα πρέπει να αποτελείται κατά 100% από αδρανές υλικό με εξαιρετικά μηχανικά χαρακτηριστικά, μεγάλη καθαρότητα και κατάλληλο σχήμα κόκκων.

Καθαρότητα και σχήμα κόκκων. Το χονδρόκοκκο κλάσμα πρέπει να προέρχεται από θραύση πετρώματος με τα προδιαγραφόμενα μηχανικά χαρακτηριστικά και να είναι απαλλαγμένο από επιβλαβείς προσμίξεις (άργιλο, οργανικά ή άλλα μαλακά εύθρυπτα υλικά). Στην περίπτωση που προέρχεται από φυσικές αποθέσεις ποταμών ή χειμάρρων, οι προς θραύση κροκάλες θα πρέπει να συγκρατούνται από κόσκινο με άνοιγμα οπής τριπλάσιο του ονομαστικού μεγέθους των κόκκων και το 80% τουλάχιστον των κόκκων που συγκρατούνται στο κόσκινο ανοίγματος οπών 4 mm, να έχει μία τουλάχιστον θραυσισγενή επιφάνεια.

Οι κόκκοι πρέπει να είναι κατά το δυνατόν κυβοειδούς μορφής. Ο έλεγχος του σχήματός τους θα γίνεται κατά EN 1097-8:1999 «Tests for mechanical and physical properties of aggregates - Part 8: Determination of the polished stone value -- 'οκιμές των μηχανικών και φυσικών ιδιοτήτων των αδρανών – Μέρος 8: Προσδιορισμός αντοχής σε στίλβωση (Polished Stone Value)», με προσδιορισμό για το συγκρατούμενο στο κόσκινο 6,3 mm (1/4") υλικό του "δείκτη πλακοειδούς"(Flakiness Index) κατά EN 933-3:1997 «Tests for geometrical properties of aggregates - Part 3: Determination of particle shape - Flakiness index -- 'οκιμές γεωμετρικών ιδιοτήτων των αδρανών Μέρος 3: Προσδιορισμός της μορφής των κόκκων. 'είκτης πλακοειδούς.», ο οποίος θα πρέπει να είναι μικρότερος από 30%.

Μηχανικές ιδιότητες: Εκτός εάν ορίζεται διαφορετικά στα συμβατικά τεύχη, οι επιτρεπόμενες τιμές των μηχανικών ιδιοτήτων του χονδρόκοκκου αδρανούς θα πληρούν τις εξής απαιτήσεις:

- Αντοχή σε στίλβωση (Polished Stone Value), σύμφωνα με EN 1097-8:1999, PSV  $\geq$ 50.
- Αντοχή σε απότριψη (Aggregate Abrasion Value), σύμφωνα με EN 1097-8:1999, AAV  $\leq$ 10.
- Αντοχή σε θρυμματισμό κατά Los Angeles, σύμφωνα με EN 1097-2:1998 «Tests for mechanical and physical properties of aggregates - Part 2: Methods for the determination of resistance to fragmentation.

Δοκιμές για τον προσδιορισμό των μηχανικών και φυσικών ιδιοτήτων των αδρανών - Μέρος 2: Μέθοδοι προσδιορισμού της αντίστασης σε απότριψη», Λεπτόκοκκο υλικό. Το λεπτόκοκκο κλάσμα (διερχόμενο από το κόσκινο

ανοίγματος οπής 2 mm και συγκρατούμενο στο κόσκινο ανοίγματος οπής 0,063 mm), πρέπει να αποτελείται από κόκκους γωνιώδεις, θραυστιγενείς και απαλλαγμένους από άργιλο ή άλλες επιβλαβείς προσμίξεις. Σε περιπτώσεις βαριάς κυκλοφορίας, είναι προτιμότερο να είναι της ίδιας προέλευσης με το χονδρόκοκκο υλικό. Στις λοιπές περιπτώσεις, μπορεί να είναι θραυστό ασβεστολιθικής σύστασης ή φυσικής προέλευσης. Παιπάλη. Η παιπάλη προστίθεται (σε περίπτωση έλλειψης), για να συμπληρώσει την κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος των αδρανών. Μπορεί να είναι λιθοσύντριμμα ορυκτής ή άλλης προέλευσης (σκόνη από σκωρίες), υδράσβεστος, τσιμέντο, ιπτάμενη τέφρα, ή άλλη κατάλληλη ορυκτή ύλη, η οποία κατά το χρόνο χρησιμοποίησής της θα είναι αρκετά ξηρή, ώστε να ρέει ελεύθερα και να μη δημιουργεί συσσωματώματα. Η παιπάλη δεν πρέπει να περιέχει άργιλο ή οργανικές προσμίξεις, ούτε να έχει πλαστικότητα, εκτός αν πρόκειται για τσιμέντο ή υδράσβεστο. Η συνιστώμενη κοκκομετρική διαβάθμιση της παιπάλης φαίνεται στον Πίνακα 5.

Κοκκομετρική διαβάθμιση παιπάλης	
Κόσκινο τετραγωνικής οπής	Διερχόμενο %
600 μ (№ 30)	100
300 μ (№ 50)	90-100
75 μ (№ 200)	70-100

## ΑΣΦΑΛΤΙΚΟ ΣΥΝΘΕΤΙΚΟ

Θα χρησιμοποιείται καθαρή ασφαλτος, η οποία πρέπει είναι σύμφωνη με τις απαιτήσεις της ΠΕΤΕΠ 05-03-10-00 ή, για όσους τύπους δεν εμπεριέχονται σε αυτή, σύμφωνα με το πρότυπο EN 12591:1999 [1]). Ο τύπος της ασφάλτου συνιστάται να είναι 60/70, ή εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί μίγμα ασφάλτου 80/100 και 40/50 σε αναλογία 50:50. Για την εξασφάλιση υψηλών απαιτήσεων και σε ειδικές περιπτώσεις π.χ. γέφυρες, όπου απαιτούνται αυξημένα μηχανικά χαρακτηριστικά και μεγάλη διάρκεια



ζωής, μπορεί να χρησιμοποιηθεί, τροποποιημένη ασφαλτος (η βασική είναι συνήθως 80/100 με πρόσθετα βελτιωτικά πολυμερή, θερμοπλαστικά, ελαστομερή κτλ.), ύστερα από ειδική εργαστηριακή μελέτη. Προσθήκη βελτιωτικού πρόσφυσης στην ασφαλτο θα γίνεται όταν τα αδρανή παρουσιάζουν υδροφιλία, ή σε ειδικές περιπτώσεις που καθορίζει η Υπηρεσία. Ο τύπος και το ακριβές ποσοστό του αντιυδροφίλου, θα καθορίζεται από το εργαστήριο, με τη δοκιμή εμβάπτισης-θλίψης EN 12697-12:2000[2]

## ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ

Κοκκομετρική διαβάθμιση. Το συνολικό μίγμα των αδρανών μπορεί να προκύπτει από σύνθεση δύο ή περισσότερων επί μέρους κλασμάτων, είτε να προσκομίζεται ενιαίο στο εργοστάσιο παραγωγής ασφαλτομίγματος και να χρησιμοποιείται χωρίς διαχωρισμό και ανασύνθεση, εφόσον είναι ομοιόμορφο και με σταθερή κοκκομετρική σύνθεση.

Η κοκκομετρική διαβάθμιση του συνολικού μίγματος των αδρανών υλικών (χονδρόκοκκο, λεπτόκοκκο και παιπάλη), ανάλογα με τον τύπο του ασφαλικού σκυροδέματος και το ονομαστικό μέγεθος του μέγιστου κόκκου, πρέπει να βρίσκεται μέσα στα όρια του Πίνακα 6.

Το ποσοστό (στο συνολικό μίγμα των αδρανών) του διερχόμενου από το κόσκινο Νο 8 υλικού, είναι σημαντικό στοιχείο για τον εργοταξιακό έλεγχο, επειδή διαχωρίζεται το χονδρόκοκκο από το λεπτόκοκκο υλικό. Μίγματα που περιέχουν ποσοστό υλικού διερχόμενου από το κόσκινο 2,36 mm κοντά στο μέγιστο επιτρεπόμενο, δίνουν επιφάνεια με σχετικά λεπτή υφή, ενώ διαβαθμίσεις που πλησιάζουν στο ελάχιστο, δίνουν επιφάνεια με σχετικά αδρή υφή.

Τα όρια κοκκομετρικής διαβάθμισης του Πίνακα 6, ισχύουν κατά βάρος, εφόσον τα ειδικά βάρη του χονδρόκοκκου και του λεπτόκοκκου υλικού δε διαφέρουν πάνω από 5%. Αν υπάρχει μεγαλύτερη διαφορά, τα όρια του πίνακα και οι αναλογίες σύνθεσης κατά βάρος του συνολικού μίγματος αδρανών, θα πρέπει να αναχθούν, σύμφωνα με τα ειδικά βάρη τους. Ανθεκτικότητα σε αποσάθρωση (υγεία). Η δοκιμή θα γίνεται με την πρότυπη μέθοδο EN 1367-2:1998 «Tests for thermal and weathering properties of

aggregates - Part 2: Magnesium sulphate test -- 'οκιμές για τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων των αδρανών σε θερμικές και καιρικές Μεταβολές - Μέρος 2: 'οκιμή θειικού μαγνησίου» (με χρήση θειικού μαγνησίου). Η απώλεια (σε ποσοστό του βάρους) δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 9%.

Ισοδύναμο άμμου. Το ισοδύναμο άμμου θα προσδιορίζεται σύμφωνα με την πρότυπη μέθοδο EN 933-8:1999 «Test for geometrical properties of aggregates - Part 8: Assessment of fines – Sand equivalent test -- Μέρος 8: 'οκιμή ισοδυναμίου άμμου του λεπτόκοκκου υλικού» επί του μίγματος των αδρανών (πριν από την προσθήκη της ασφάλτου και της πρόσθετης παιπάλης). Αυτό πρέπει να έχει τιμή μεγαλύτερη από 55.

Πίνακας 6: Κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών και συνιστώμενο πάχος στρώσης

Μέγεθος κόσκινου τετραγωνικής οπής (ASTM)	ΤΥΠΟΣ 1 (πυκλής σύνθεσης)		ΤΥΠΟΣ 2 (ανοκτής σύνθεσης)	
	Όνομα σπικό μέγεθος μέγιστου κόσκινου			
	12,5 mm	9,5 mm	12,5 mm	9,5 mm
	Ποσοστό διερχόμενων από τα αντίστοιχα κόσκινα			
19,00 mm (3/4")	100	-	100	-
12,50 mm (1/2")	90 - 100	100	85 - 100	100
9,50 mm (3/8")	-	90 - 100	60 - 90	85 - 100
4,75 mm (No 4)	44 - 74	55 - 85	20 - 50	40 - 70
2,36 mm (No 8)	28 - 58	32 - 67	5 - 25	10 - 35
1,18 mm (No 16)	-	-	3 - 19	5 - 25
0,30 mm (No 50)	5 - 21	7 - 23	0 - 10	0 - 12
0,07 mm (No 200)	2 - 10	2 - 10	-	-
Συνιστώμενο πάχος στρώσης	3-4 cm	2,5-3 cm	3-4 cm	2,5-3 cm

## ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΣΦΑΛΤΟΥ - ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΤΑ MARSHALL

Μετά τον καθορισμό των αναλογιών των αδρανών για την επίτευξη της επιθυμητής κοκκομετρικής διαβάθμισης, ακολουθεί ο προσδιορισμός του βέλτιστου ποσοστού ασφάλτου με τη μέθοδο Marshall. Τα χαρακτηριστικά κατά Marshall, τα κενά, καθώς και τα κριτήρια για τον έλεγχο της υδροφιλίας με τη δοκιμή εμφάττισης-θλίψης, δίνονται στον Πίνακα 7.

Πίνακας 7: Χαρακτηριστικά δοκιμής Marshall

Χαρακτηριστικά	Τύπος 1	Τύπος 2
Συμπύκνωση (αριθμός κτύπων σε κάθε πλευρά του δοκιμίου)	75	75
Ευστάθεια στους 50°C (N)	≥ 8000	≥ 6000
Παραμόρφωση δοκιμίου (mm)	2 - 4	2 - 5
Κενά αέρα (% συμπυκνωμένου ασφαλτομίγματος)	3 - 5	5 - 15
Ελάχιστος λόγος αντοχής στη δοκιμή εμφάττισης-θλίψης	0,8	0,7

## 3.4 ΦΘΟΡΕΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΡΓΩΝ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ

### ΦΘΟΡΕΣ

Φθορά ονομάζεται κάθε είδους ανωμαλία η οποία χειροτερεύει της συνθήκες κύλισης των οχημάτων στην επιφάνεια του οδοστρώματος. Οι φθορές οι οποίες εμφανίζονται σε ένα οδόστρωμα είναι συγχρόνως αιτίες και αποτέλεσμα, διότι οι αρχικές φθορές γίνονται συχνά αιτίες νέων φθορών του ίδιου ή διαφορετικού τύπου. Η εξέλιξή τους είναι ταχύτατη και οδηγούν το οδόστρωμα σε καταστροφή, αν δεν προγραμματιστεί η συντήρησή τους.

### Αίτια φθορών

Οι φθορές διακρίνονται σε:

- Φθορές 'ποσοτικής φύσης' οι οποίες είναι απόρροια ελλিপών ή και ανακριβών στοιχείων αφορούντα κυκλοφοριακά, κλιματολογικά και περιβαλλοντικά δεδομένα.
- Φθορές 'ποιοτικής φύσης' οι οποίες είναι συνέπεια κατασκευαστικών αποκλίσεων από την αρχική μελέτη. Εντοπίζονται σε χρήση υλικών κατώτερης ποιότητας ή ελλιπούς διαδικασίας κατασκευής.
- Φθορές 'τυχαίας φύσης' οι οποίες εντοπίζονται σε τυχαία γεγονότα ή σε ακραία χρήση των δρόμων. Σεισμοί ή κατολισθήσεις λόγω σεισμών, όπως επίσης χρήση από γεωργικά ή άλλου είδους μηχανήματα που προκαλούν αθέλητες ζημιές.

### Επισήμανση φθορών

Για τη σωστή αντιμετώπιση του προβλήματος συντήρησης του οδικού δικτύου είναι απαραίτητο να είναι γνωστά τα κύρια χαρακτηριστικά της οδού, η ακριβής εξέλιξη των υπαρχουσών φθορών του οδοστρώματος και τα σημεία τα οποία προαναγγέλλουν τη δημιουργία νέων φθορών.

Ο προγραμματισμός της συντήρησης των φθορών απαιτεί πληροφορίες μεγάλης ακρίβειας, οι οποίες πρέπει να παρέχονται από έμπειρους μηχανικούς με θεωρητική και πρακτική κατάρτιση σε αυτό το θέμα. Από στοιχεία που συγκεντρώνονται συμπληρώνεται το 'Μητρώο οδών' και ακολουθεί βάσει αυτού η μελέτη σύνταξης του προγράμματος συντήρησης.

Όταν δεν υπάρχει 'Μητρώο οδών' για να προγραμματιστεί συντονισμένα η συντήρηση ολόκληρου του οδικού δικτύου, χωρίζεται το δίκτυο σε τμήματα, επισημαίνονται και καταγράφονται οι φθορές κάθε τμήματος χωριστά, κατόπιν κατατάσσονται με φθίνουσα σειρά σπουδαιότητας και προγραμματίζεται η συντήρησή τους ανεξάρτητα από τα άλλα τμήματα.

Η επισήμανση και η καταγραφή των φθορών είναι σημαντική διότι:

- εντοπίζονται οι υπάρχουσες φθορές
- οι θέσεις που προαναγγέλλουν τη δημιουργία νέων φθορών
- οδηγεί σε σωστό προγραμματισμό της συντήρησης του τμήματος του οδικού Δικτύου.

Η εκτίμηση των φθορών γίνεται με:

- οπτική εκτίμηση της κατάστασης του οδοστρώματος

A) άμεση οπτική εκτίμηση

B)φωτογραφική εκτίμηση

-Εκτίμηση της κατάστασης του οδοστρώματος με συσκευές

Τα στοιχεία που παίρνονται από τις δύο αυτές μεθόδους εκτίμησης των φθορών μεταξύ τους, προσδιορίζουν με περισσότερη ακρίβεια την κατάσταση της επιφάνειας του οδοστρώματος. Όσο περισσότερο σαφής είναι η κατάσταση της επιφάνειας του οδοστρώματος τόσο καλύτερα προγραμματίζεται η συντήρηση.

Εξέλιξη των φθορών

Οι φθορές του σώματος του οδοστρώματος εξελίσσονται:

Προοδευτικά σε μεγάλο χρονικό διάστημα: αυτού του είδους οι φθορές είναι η ολισθηρότητα, οι ρωγμές και οι αυλακώσεις, των οποίων η εξέλιξη παρακολουθείται σε σχέση με το χρόνο. Προγραμματίζεται έγκαιρα η συντήρηση αυτών, ώστε να εμποδιστεί η επέκτασή τους σε σημαντικότερες φθορές, κρίσιμες για το οδόστρωμα, οι οποίες μειώνουν την ασφάλεια και την άνεση των χρηστών του δρόμου.

Γρήγορα, ξαφνικά, σε ελάχιστο χρονικό διάστημα: τέτοιες φθορές είναι οι μεγάλες λακκούβες, οι διογκώσεις και οι καθιζήσεις, των οποίων η εξέλιξη δεν παρακολουθείται, λόγω της έλλειψης χρονικού περιθωρίου, διότι μειώνουν την ασφάλεια και την άνεση των χρηστών της οδού. Προγραμματίζεται σύντομα η συντήρησή τους διότι βάζουν σε κίνδυνο το οδόστρωμα.

#### Επιφανειακές φθορές του οδοστρώματος

Οι μετρήσεις των χαρακτηριστικών του οδοστρώματος, όπως η αντιστοιχιστικότητα. Η ομαλότητα κτλ παρέχουν τη δυνατότητα προσδιορισμού της κατάστασης του οδοστρώματος βάσει συγκεκριμένων μεγεθών και ταυτόχρονα παρέχουν ενδείξεις για την εμφάνιση φθορών στην επιφάνεια του. Ο ακριβής προσδιορισμός των επιφανειακών φθορών γίνεται έπειτα από επί τόπου επιθεωρήσεις από εξειδικευμένο προσωπικό, που έχουν ως στόχο την εξασφάλιση πραγματικών δεδομένων για την κατάσταση του οδοστρώματος με σκοπό την βέλτιστη συντήρησή του.

Βοηθητικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτοματοποιημένο σύστημα αποτύπωσης και καταγραφής των επιφανειακών φθορών του οδοστρώματος που στηρίζεται στη τεχνολογία της βιντεοσκόπησης (Video-car) με δυνατότητα αποθήκευσης των δεδομένων.

Οι επιθεωρήσεις για τον εντοπισμό επιφανειακών φθορών γίνονται σε συγκεκριμένα τμήματα του αυτοκινητόδρομου, όταν οι μετρήσεις των χαρακτηριστικών του οδοστρώματος εντοπίζουν την ανάγκη περαιτέρω διερεύνησης. Οι επιθεωρήσεις αυτές δεν συνδέονται με τις επιθεωρήσεις του οδοστρώματος, που γίνονται στα πλαίσια της στοιχειώδους συντήρησης.

#### 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 αποσαθρώσεις και στην τέταρτη η λείανση της επιφάνειας κύλισης.

Αναλυτική περιγραφή όλων των αναπτυσσόμενων φθορών μαζί με τα πιθανά αίτια που τις προκαλούν καθώς και των προτεινόμενων τρόπων συντήρησης – θεραπείας αυτών δίνεται παρακάτω. Στο σημείο αυτό, θα

πρέπει να τονισθεί το γεγονός ότι, για τον καθορισμό της καταλληλότερης συντήρησης-θεραπείας των φθορών θα πρέπει πρώτα να καθορίζεται επακριβώς η κύρια αιτία που προκάλεσε τη φθορά.

## ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΘΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

### ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ : ΡΗΓΜΑΤΩΣΕΙΣ

#### Ρηγματώσεις (**cracking**)

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.

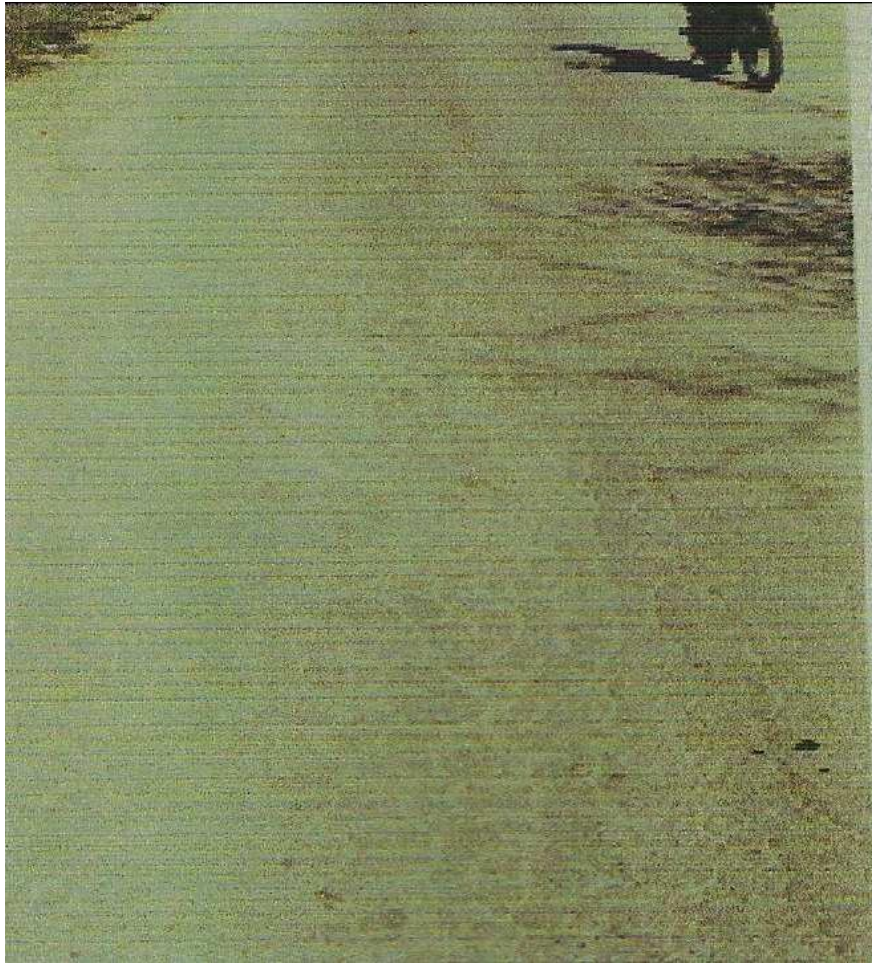
#### Σφράγιση / πλήρωση ρωγμών

Η σφράγιση / πλήρωση των ρωγμών σε όλες τις περιπτώσεις γίνεται με πηχτό υλικό που είναι ειδική τροποποιημένη ασφαλτος. Η τροποποιημένη ασφαλτος (ελαστομερής) θα πρέπει να εκπληρώνει τις απαιτήσεις της προδιαγραφής ASTM 1190 ή BS 2499. Για την εφαρμογή της τροποποιημένης ασφάλτου προς σφράγιση των ρωγμών απαιτείται η χρήση ειδικού μηχανικού εξοπλισμού, όπως (α) μηχανήμα θέρμανσης της ελαστομερούς ασφάλτου με δυνατότητα θέρμανσης μέχρι και 200°C και με δυνατότητα παροχής του θερμού ασφαλτικού υλικού επί της ρωγμής και (β) ειδικό φλόγιστρο (προπανίου) που εκτοξεύει υπέρθερμο αέρα (όχι φλόγα) για τη θέρμανση και τον καθορισμό της ρωγμής πριν τη διάχυση της τροποποιημένης ασφάλτου.

Οι διάφορες μορφές ρηγματώσεων είναι:

Ρωγμές τύπου αλλιγάτορα (**alligator cracks**) ή Ρωγμές συρρίκνωσης (**shrinkage cracks**)

Οι ρωγμές τύπου αλλιγάτορα έχουν συνήθως ακανόνιστη μορφή. Είναι διακλαδιζόμενες και αλληλοσυνδεόμενες ρωγμές που σχηματίζουν πολυγωνικά κομμάτια (μπλοκ) με οξείες γωνίες όμοια με αυτά του δέρματος του αλλιγάτορα. Σε ορισμένες περιπτώσεις τα κομμάτια αυτά δίνουν την εντύπωση ότι είναι σχεδόν έτοιμα να αποκολληθούν.



'Ρωγμές τύπου αλλιγάτορα'

#### Αίτια

Τα αίτια που προκαλούν τις ρηγματώσεις αυτές τις περισσότερες φορές, είναι το μεγάλο βέλος κάμψης που αναπτύσσεται στις ασφαλικές 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 ή λόγω κακής αποστράγγισης της βάσης και υπόβασης. Οι ρωγμές στην περίπτωση αυτή συνήθως εμφανίζονται τοπικά και σε περιορισμένη έκταση.

Όταν οι ρωγμές τύπου αλλιγάτορα 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.

## Θεραπεία

### α) Για τοπικές εμφανίσεις

Η ριζική επισκευή των ρωγμών αλλιγάτορα εφ' όσον οφείλονται στη μειωμένη ευστάθεια του εδάφους έδρασης συνίσταται: (i) στην πλήρη απομάκρυνση όλων των ασφαλικών στρώσεων με ασύνδετα αδρανή και μέρους του εδάφους έδρασης (ii) στη λήψη κατάλληλων μέτρων για την υποβάθμιση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα και (iii) στην ανακατασκευή όλων των στρώσεων με νέα κατάλληλα υλικά.

Για καλύτερα αποτελέσματα συνίσταται να αντικαθίστανται όλες οι στρώσεις με ασφαλικό σκυρόδεμα. Η επιφάνεια που θα ανοιχθεί για επισκευή θα πρέπει να επεκτείνεται, κατά πλάτος, περίπου μισό μέτρο μέσα στην υγιή περιοχή. Επίσης, συνιστάται να ψεκάζονται οι κάθετες αλλά και οι οριζόντιες επιφάνειες της περιοχής που ανοίχθηκε με κατάλληλο κατιονικό γαλάκτωμα. Μετά από τη διάστρωση της κάθε στρώσης, σε πάχος όχι μεγαλύτερο των 100-150 mm, απαιτείται επαρκής συμπύκνωση με κατάλληλο, δονητικό κατά προτίμηση μηχάνημα.

Μετά τη διάστρωση και συμπύκνωση της τελευταίας ασφαλικής στρώσης, συνιστάται όπως απαιτείται ειδικό ελαστομερές ασφαλικό υλικό (χυτό υλικό) σε όλη την περίμετρο της τομής μεταξύ της παλιάς και της νέας επιφάνειας, σε πλάτος περίπου 40-50 mm, για να επιτυγχάνεται η άριστη στεγάνωση του ασθενούς αυτού σημείου. Το ελαστομερές ασφαλικό υλικό είναι αυτό που χρησιμοποιείται στη γενική περίπτωση σφράγισης ρωγμών. Το παραπάνω ισχύει για όλες τις περιπτώσεις που γίνονται τομές και αποκατάσταση αυτών στο οδόστρωμα.

Η παραπάνω εργασία, δηλαδή της αποξήλωσης μίας ή περισσότερων στρώσεων και η ανακατασκευή αυτών με νέα υλικά, είναι γνωστή ως "μπάλωμα" (patching).

## β) Μεγάλης έκτασης

Όταν οι ρωγμές τύπου αλλιγάτορα οφείλονται σε κόπωση του οδοστρώματος, η θεραπεία γίνεται μόνο με αποκατάσταση του τάπητα, δηλαδή με μια πρόσθετη ασφαλική στρώση πάχους αναλόγου της κατάστασης του οδοστρώματος, μετά ή άνευ απομάκρυνσης του ρηγματωμένου τάπητα κυκλοφορίας. Στην περίπτωση που δεν απομακρύνεται ο ρηγματωμένος τάπητας, συνιστάται η διάστρωση ισοπεδωτικής στρώσης, πριν τη διάστρωση του νέου τάπητα. Η διάστρωση ισοπεδωτικής στρώσης είναι απολύτως αναγκαία στην περίπτωση που ορισμένα κομμάτια έχουν αποκολληθεί ή εμφανίζονται ταυτόχρονα και τοπικές καθιζήσεις.

Τα τελευταία χρόνια για τη συντήρηση των ρωγμών αυτών χρησιμοποιούνται και τα ασφαλοϋφάσματα ή οι μεμβράνες απορρόφησης τάσεων. Τα ασφαλοϋφάσματα ή οι μεμβράνες τοποθετούνται επί της ρηγματωμένης επιφάνειας ή επί της ισοπεδωτικής (αν απαιτείται να χρησιμοποιηθεί).

Στην περίπτωση που το άνοιγμα των ρωγμών τύπου αλλιγάτορα είναι μικρότερο των 3 mm η προσωρινή συντήρηση της επιφάνειας μπορεί να γίνει και με σφραγιστικά ψυχρά ασφαλομίγματα τύπου Slurry Seal, διαβάθμισης I ή II , ή με μεμβράνη απορρόφησης τάσεων (SAM).

## Ρωγμές στα άκρα του οδοστρώματος (**edge cracks**)

Οι ρωγμές αυτές είναι συνήθως επιμήκεις και εμφανίζονται περίπου 30-50 cm από τα άκρα του οδοστρώματος μετά ή άνευ εγκαρσίων ρωγμών.

### Αίτια

Οφείλονται κυρίως στην ανεπαρκή υποστήριξη του οδοστρώματος λόγω ενός ή περισσότερων από τους παρακάτω λόγους: κακή συμπύκνωση, κακή αποστράγγιση, δράση παγετού, συρρίκνωση λόγω ξηρασίας του εδάφους της περιοχής ή λόγω μειωμένου πάχους των στρώσεων στα σημεία αυτά.



‘Ρωγμές στα άκρα του οδοστρώματος’

#### Θεραπεία

Η συντήρηση των ρωγμών αυτών συνίσταται στην πλήρωση αυτών με κατάλληλη τροποποιημένη άσφαλτο, μετά από επιμελή καθαρισμό. Εάν στην περιοχή παρουσιάζεται και καθίζηση τότε αυτή θα πρέπει να πληρούται με τη διάστρωση ψυχρού ή θερμού ασφαλτομίγματος. Ψυχρό ασφαλτόμιγμα τύπου Slurry, διαβάθμισης III ή IV, διαστρώνεται όταν η καθίζηση είναι μικρότερη των 25 mm, άλλως χρησιμοποιείται θερμό ασφαλτόμιγμα.

Αν υπάρχει πρόβλημα αποστράγγισης του οδοστρώματος αυτό εντοπίζεται και αποκαθίσταται.

#### Ρωγμές μεταξύ λωρίδων διάστρωσης ή διαπλάτυνσης (**lane and widening cracks**)

Οι ρωγμές αυτές εμφανίζονται μεταξύ των λωρίδων διάστρωσης ή της διαπλάτυνσης και είναι πάντοτε διαμήκεις (πλην της περίπτωσης διακοπής των εργασιών).

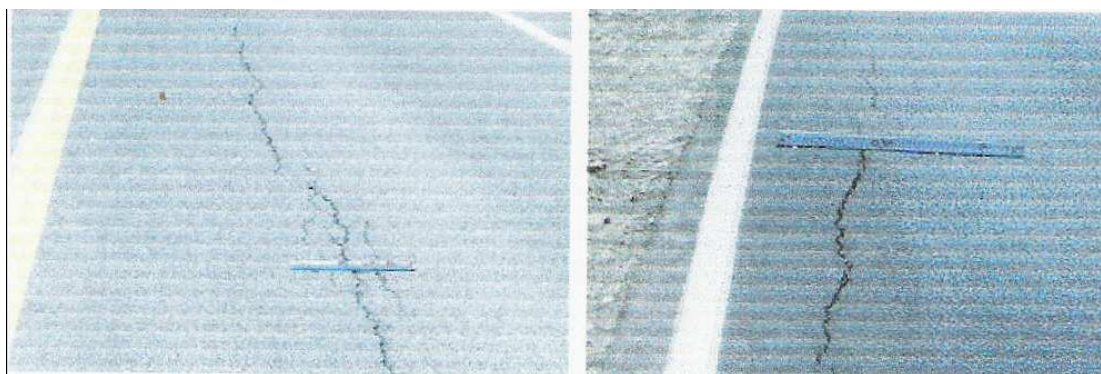
## Αίτια

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 διαπλάτυνση 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).

## Διαμήκεις ρωγμές

Περιγραφή: διαμήκεις ρηγματώσεις κατά μήκος της οδού, που εμφανίζονται κοντά στον άξονα της οδού ή στα άκρα του οδοστρώματος.

Πιθανά αίτια: κακοτεχνία στην συναρμογή των λωρίδων διάστρωσης, κακή αποστράγγιση, μειωμένη αντοχή οδοστρώματος, δράση παγετού, κακή συμπύκνωση κλπ



## Εγκάρσιες ρωγμές

Περιγραφή: ρηγματώσεις κάθετες προς τον άξονα της οδού. Πιθανά αίτια: περιβαλλοντικές συνθήκες, μειωμένη αντοχή οδοστρώματος, τοπικές αστοχίες κλπ.

## Θεραπεία

Η συντήρηση των ρωγμών αυτών γίνεται όπως και των ρωγμών από ανάκλαση.

### Ρωγμές από ανάκλαση (**reflection cracks**)

Οι ρωγμές από ανάκλαση εμφανίζονται κατά κανόνα σε πρόσθετες ασφατικές στρώσεις (overlays) 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 επισκευασθείσας 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 απάνω από παλαιά εγκιβωτισμένα ερείσματα ή διαπλατύνσεις.

## Αίτια

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 την μεταβολή των επιπέδων υγρασίας ή στην κάθετη μετακίνηση των πλακών του δύσκαμπτου οδοστρώματος ή στην κάθετη μετακίνηση των ανεξάρτητων ρηγματωμένων κομματιών της παλαιάς επιφάνειας, γενικότερα ή λόγω της ύπαρξης τσιμέντου ως σταθεροποιητή.

## Θεραπεία

Ο τρόπος συντήρησης των ρωγμών από ανάκλαση εξαρτάται από το μέγεθος και την έκταση αυτών, όπως:

- α) Όταν οι ρωγμές έχουν άνοιγμα μικρότερο των 3 mm περίπου και είναι σε μικρή έκταση, η συντήρηση γίνεται με τη σφράγιση/ πλήρωση αυτών με τροποποιημένη ασφαλτο.
- β) Όταν οι ρωγμές έχουν άνοιγμα μικρότερο των 3-5mm περίπου και είναι σε μεγάλη έκταση, η συντήρηση μπορεί να γίνει με απλή ασφατική επάλειψη.

γ) Όταν οι ρωγμές έχουν άνοιγμα μεγαλύτερο των 3-5 mm και είναι σε μικρή έκταση, τότε η συντήρηση αυτών γίνεται ως ακολούθως: (i) οι ρωγμές ανοίγονται με ειδικό κόφτη σε βάθος περίπου 10-15 mm και πλάτος όσο το πλάτος που δημιουργείται από τον κόφτη (10-15mm). Ο ειδικός κόφτης έχει τη δυνατότητα να ακολουθεί τη ρωγμή, δηλαδή μπορεί να στρίβει εύκολα από οξείες γωνίες. Με αυτό επιτυγχάνεται η απομάκρυνση των χαλαρών (σαθρών) μικρών τεμαχίων του ασφαλτομίγματος που έχουν δημιουργηθεί στη ρωγμή, (ii) η διευρυνθείσα ρωγμή καθαρίζεται με συμπιεσμένο αέρα, κατόπιν στεγνώνεται και θερμαίνεται με ειδικό φλόγιστρο υπέρθερμου αέρα και (iii) η καθαρισμένη ρωγμή γεμίζει, αμέσως μετά τη θέρμανση, με ειδική ελαστομερή άσφαλτο. Η πλήρωση της διευρυμένης ρωγμής μπορεί να γίνει και με ψυχρό ασφαλτόμιγμα τύπου slurry - διαβάθμισης 1.

Σε ορισμένες χώρες, όπως η Αγγλία, η ελαστομερής άσφαλτος - όταν το πλάτος της λωρίδας που δημιουργείται είναι μεγαλύτερο των 20 mm – περιέχει και λεπτόκοκκη σκληρή άμμο έτσι ώστε η επιφάνεια να έχει ικανοποιητικό συντελεστή αντίστασης σε ολίσθηση (> 55 με το Βρετανικό εκκρεμές). Η ίδια απαίτηση υπάρχει στην Αγγλία και στην περίπτωση θεραπείας όπως (α), ιδιαίτερα όταν πρόκειται για διαμήκεις ρωγμές.

Σε περιπτώσεις που οι ανακλαστικές ρωγμές είναι αρκετά μεγάλες (>5 mm) ή επειδή δημιουργήθηκαν λόγω ύπαρξης παλαιού υποκειμένου δύσκαμπτου οδοστρώματος, από ορισμένους οργανισμούς και υπηρεσίες του εξωτερικού ακολουθείται σήμερα η παρακάτω θεραπεία: (i) οι ρωγμές "φρεζάρονται" κατά τη διαμήκη τους διεύθυνση, με ειδικές μικρές φρέζες σε βάθος 10-20 mm και πλάτος όσο το δημιουργηθέν μικρό πλάτος της φρέζας, (ii) η φρεζαρισθείσα επιφάνεια, αφού καθαρισθεί, πληρούται με ελαστομερή άσφαλτο και (iii) επί της ελαστομερούς ασφάλτου διαστρώνονται μονόκοκκα αδρανή (6 mm περίπου) για τη δημιουργία αντιολισθηρής επιφάνειας.

Εναλλακτικά για την παραπάνω περίπτωση, η ρωγμή μπορεί να διανοιχτεί σε πλάτος 50-100 mm και βάθος περίπου 40 mm, το ασφαλτόμιγμα να αφαιρεθεί και να πληρωθεί με καινούργιο κατάλληλο ασφαλτόμιγμα. (δ) Όταν οι ρωγμές έχουν άνοιγμα μεγαλύτερο των 3 mm περίπου και είναι σε μεγάλη έκταση, επειδή η παραπάνω θεραπεία (γ) είναι χρονοβόρα, εξετάζεται, βάσει τεχνοοικονομικής ανάλυσης, μια από τις παρακάτω τεχνικές συντήρησης:

απλή ή διπλή ασφαλική επάλειψη, χρήση μεμβράνης απορρόφησης τάσεων (SMA), μεμβράνη με ίνες, ψυχρό ασφαλικό μίγμα τύπου Slupty με ελαστομερή άσφαλτο και ίνες, ή λεπτοτάπητας με θερμό ασφαλτόμιγμα με τροποποιημένη άσφαλτο ή ακόμη και ασφαλική επίστρωση πάχους 40 mm - 50 mm μετά ή άνευ ασφαλτούφασματος. Η ασφαλική επίστρωση είναι σοβαρός υποψήφιος στην περίπτωση που συντρέχει και άλλος λόγος όπως ενίσχυση του οδοστρώματος, οπότε στην περίπτωση αυτή το πάχος της στρώσης καθορίζεται ανάλογα με τις συνθήκες και τις απαιτήσεις.

Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, όταν οι ρωγμές είναι τοπικές και πυκνές σε σχετικά μικρή επιφάνεια ορισμένων τετραγωνικών μέτρων, είναι σύνηθες το φαινόμενο να αποξηλώνεται η τελευταία ασφαλική στρώση και να αποκαθίσταται με νέο κατάλληλο ασφαλτόμιγμα. Η εκτέλεση των εργασιών είναι όμοια με αυτήν της αποκατάστασης τοπικών ρωγμών τύπου αλλιγάτορα.

#### Ρωγμές από ολίσθηση ταπήτων (**slippage cracks**)

Η μορφή των ρωγμών από ολίσθηση των ταπήτων έχει σχήμα "μισοφέγγαρου".

#### Αίτια

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

#### Θεραπεία

Η συντήρηση των ρωγμών αυτών γίνεται μόνο με την απομάκρυνση του τάπητα κυκλοφορίας γύρω από τη ρωγμή, μέχρι του σημείου όπου υπάρχει καλή συνοχή ταπήτων, και κατόπιν πλήρωση της αποξηλωθείσας επιφάνειας με θερμό ασφαλτόμιγμα. Πριν την πλήρωση η επιφάνεια θα πρέπει να καθοριστεί επιμελώς και κατόπιν να ψεκασθεί επ' αυτής και επί των

καθέτων τοιχωμάτων της συγκολλητική επάλειψη από κατιονικό γαλάκτωμα. Τέλος, απαιτείται επαρκής συμπύκνωση της πληρωθείσης επιφάνειας με δονητικό μηχάνημα ή οδοστρωτήρα.

### Ρωγμές στην τροχιά των τροχών (**wheel path cracks**)

Οι ρωγμές αυτές, που εμφανίζονται στην τροχιά των τροχών είναι πάντοτε διαμήκεις.

#### Αίτια

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 ασφαλικών 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 ασφαλομιγμάτων (σύνηθες φαινόμενο). Συνεπώς, απαιτείται η συστηματική διερεύνηση των αιτιών και η λήψη των κατάλληλων μέτρων προς αποφυγή περαιτέρω επιδείνωσης.

#### Θεραπεία

Η συντήρηση των ρωγμών αυτών, όταν οφείλονται αποκλειστικά και μόνο στην εποχιακή μείωση της φέρουσας ικανότητας του υπεδάφους, γίνεται όπως και στις ρωγμές από ανάκλαση με παράλληλη ρύθμιση του επιπέδου του υδροφόρου ορίζοντα (στραγγιστικά έργα). Στις άλλες περιπτώσεις το οδόστρωμα χρειάζεται ενίσχυση. Αυτό γίνεται με τη διάστρωση νέας ασφαλικής στρώσης (overlay).

### Ευθύγραμμες ρηγματώσεις κόπωσης (**Wheel Track Cracking- Fissures Longitudinales De Fatigue**)

Λεπτές ρωγμές επιμήκεις, παράλληλες προς τον άξονα του δρόμου, που εμφανίζονται πάνω ή κοντά στα ίχνη των τροχών των οχημάτων.



## Αίτια

- . Κόπωση του οδοστρώματος
- . Ανεπαρκής φέρουσα ικανότητα του οδοστρώματος ή του εδάφους κυκλοφορίας
- .Υποχώρηση της στρώσης κυκλοφορίας κάτω από την επίδραση βαριάς κυκλοφορίας (κυρίως την άνοιξη).

## Εξέλιξη

- Το μήκος τους μεταβάλλεται από μερικά εκατοστά μέχρι μερικές δεκάδες μέτρα.
- Εξελίσσονται σε ρηγμάτωση τύπου αλλιγάτορα.

## ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ : ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ

### Παραμορφώσεις (Στρεβλώσεις) της επιφάνειας (**Surface Distortion**)

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 γεγονός 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:

1. στην ελαστοπλαστική συμπεριφορά του ασφαλτομίγματος
2. στη χαμηλή ευστάθεια των ασφαλτομιγμάτων
3. στη μη καλή συμπύκνωση όλων των στρώσεων
4. στην καθίζηση του υπεδάφους.

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

Γενικά, η συντήρηση των παραμορφώσεων μπορεί να συνίσταται από απλή πλήρωση αυτών με θερμό ή ψυχρό ασφαλτόμιγμα έως την πλήρη απομάκρυνση της προσβληθείσης περιοχής και την αντικατάστασή της με νέα υλικά.

#### Τοπικά βυθίσματα (**Depression/Bird Path - Depression/Flache**)

Καθίζηση μικρής έκτασης της επιφάνειας του οδοστρώματος συνήθως κυκλικής μορφής. Συνοδεύεται συχνά και από ρηγματώσεις.

Δημιουργούνται λεκάνες βάθους δύο ή περισσότερων εκατοστών που συγκρατούν νερό με αποτέλεσμα την επιταχυνόμενη φθορά του οδοστρώματος και τη δημιουργία κινδύνου στην κυκλοφορία των οχημάτων (υδρολίσθηση, παγετός)

#### Πιθανά αίτια

- Ελλιπής συνάφεια ασφαλτικού σκυροδέματος και βάσης του οδοστρώματος
- Τοπική απώλεια συνοχής της στρώσης της βάσης (κακή ποιότητα υλικών, ανεπαρκές πάχος)
- Χαμηλή αντοχή υπεδάφους

#### Εξέλιξη

- Εξελισσεται σε ρηγμάτωση τύπου αλλιγάτορα και στη συνέχεια σε λάκκο με απόσπαση υλικών.

#### Καθίζηση (**Subsidence - Afaissement**)

Υποχώρηση ορατή και αρκετά εκτεταμένη είτε κοντά στο έρεισμα, είτε στη μέση της οδού.

#### Πιθανά αίτια

- Ανεπαρκές πάχος οδοστρώματος τοπικά
- Ανάμιξη των υλικών των στρώσεων του οδοστρώματος με αργιλικές γαίες.

- Τοπική κακοτεχνία
- Κακή αποστράγγιση.

#### Εξέλιξη

Ακολουθούν σύντομα και άλλες βλάβες (κύρια τοπικές ανυψώσεις, ρωγμές τύποι αλλιγάτορα κλπ).

#### Διόγκωση οδοστρώματος κατά την κατεύθυνση της κυκλοφορίας

##### **(Shoving Along - Bourrelet Longitudinal)**

Ανύψωση ασφαλτικού υλικού κατά την κατεύθυνση της κυκλοφορίας που συνοδεύεται από παραμόρφωση του τύπου Π1 ή Π2 (ίχνη τροχών) ή από άλλη παραμόρφωση του οδοστρώματος και συνήθως συνοδεύονται από θραύση του οδοστρώματος στην ανυψωμένη περιοχή.

#### Πιθανά αίτια

- Καθίζηση των κατώτερων στρώσεων του οδοστρώματος
- Κακή συμπύκνωση κατά την κατασκευή
- Τοπική κακοτεχνία του οδοστρώματος (ανεπαρκές πάχος, μόλυνση υλικού κλπ).
- Παγοπληξία της υποδομής ή των κατωτέρων στρώσεων του οδοστρώματος.
- Δυνατόν επίσης να προέρχεται από διαστολή, λόγω υγρασίας, διογκούμενων εδαφών.

#### Εξέλιξη

Εξελισσεται σε μπακλαβάδισμα των παραμορφώσεων, αύξηση του βάθους των ιχνών ή των τοπικών καθιζήσεων κλπ.

#### Θεραπεία

Κόβουμε το εξόγκωμα, αφού καθοριστεί το ακριβές μέγεθος και τα όριά του, έως ότου έρθει η επιφάνεια στην αρχική της στάθμη. Στη συνέχεια εφαρμόζουμε ασφαλική επάλειψη και ακολουθεί ελαφριά κυλίνδρωση.

Παραμορφώσεις κυματοειδούς μορφής (πτυχώσεις ή ρυτιδώσεις)(**corrugations**) ή Εγκάρσιες πτυχώσεις (**Shoving - Bourrelet**)

Οι ρυτιδώσεις ή πτυχώσεις, είναι μια μορφή πλαστικής μετατόπισης που έχει ως αποτέλεσμα την τοπική εξόγκωση της επιφάνειας, υπό την μορφή κυματώσεων. Στην ειδική περίπτωση που η πλαστική μετατόπιση είναι τοπική, το φαινόμενο ονομάζεται "απώθηση" (shoving).

Οι εγκάρσιες πτυχώσεις είναι οριζόντιες μετακινήσεις των υλικών της επιφανειακής στρώσης, κυρίως προς την κατεύθυνση της κυκλοφορίας.

Οι ρυτιδώσεις ή απωθήσεις εμφανίζονται, συνήθως σε περιοχές όπου αναπτύσσονται υψηλές διατμητικές τάσεις, όπως σε περιοχές πέδησης σε σημεία της οδού όπου η κυκλοφορία σταματά για μικρό χρονικό διάστημα (στάσεις λεωφορείων, διασταυρώσεις, σταθμούς διοδίων κλπ), ή σε ανωφέρειες και κατωφέρειες και δεν 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.

#### Πιθανά αίτια

- Ανεπαρκής ευστάθεια του ασφατομίγματος της στρώσης κυκλοφορίας (αυξημένο ποσοστό ασφάλτου, μαλακή άσφαλτος, μεγάλο ποσοστό λεπτόκοκκων αδρανών, στρογγυλεμένα αδρανή κλπ).
- Ρύπανση της στρώσης κυκλοφορίας από ορυκτέλαια.
- Κακή εξάτμιση των πτητικών του ασφαλικού διαλύματος στο ασφαλτόμιγμα.
- Κακή σύνδεση μεταξύ της επιφανειακής ασφαλικής στρώσης και της υποκείμενης στρώσης του οδοστρώματος (κακότεχνη συγκολλητική επάλειψη).

#### Εξέλιξη

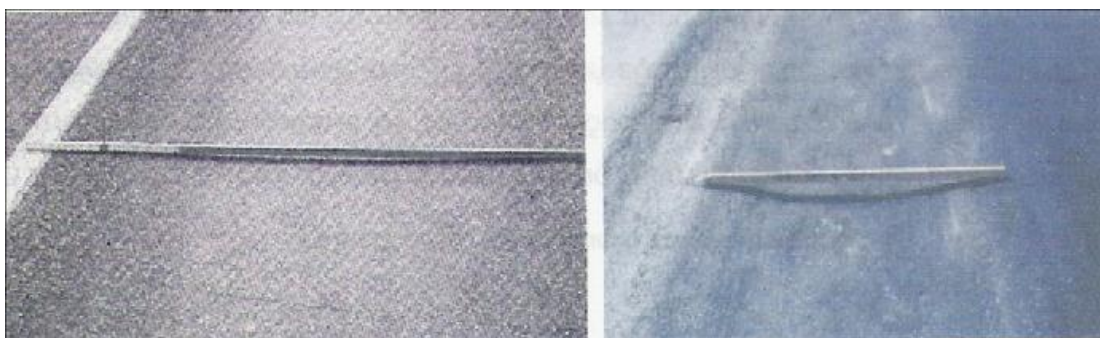
Αύξηση του ύψους της πτύχωσης, ρηγμάτωσης του ασφαλικού στα σημεία των σημαντικότερων ανυψώσεων.

## Θεραπεία

Για την επισκευή τους συνήθως κόβουμε αρχικά τα εξογκώματα, ώστε η επιφάνεια να έρθει στην αρχική στάθμη. Στη συνέχεια εφαρμόζουμε ασφαλική επάλειψη.

Αυλακώσεις στις τροχιές των τροχών (**channel or ruts**) ή ίχνη τροχών μικρού εύρους (**Rutting Ornierage A Petit Rayon**)

Οι αυλακώσεις αυτές είναι καναλοποιημένες καθιζήσεις κατά μήκος των ιχνών των τροχών. Η παραμόρφωση αυτή αφορά συνήθως την στρώση κυκλοφορίας και εκτείνεται σε μεγάλα μήκη. Εμφανίζονται κυρίως στην ακραία (δεξιά) λωρίδα κυκλοφορίας του αυτοκινητόδρομου.



## Αίτια

- κακή συμπύκνωση των ασφαλικών στρώσεων κατά την κατασκευή,
- Ολίσθηση μιας ή περισσότερων στρώσεων του οδοστρώματος κυκλοφορίας που έχει συμπυκνωθεί υπερβολικά, κάτω από την επίδραση των φορτίων της κυκλοφορίας, ή περιέχει πολύ άσφαλο.
- Κακή σύνθεση του ασφαλτομίγματος
- Ανεπαρκής πλευρική στήριξη του οδοστρώματος από τα ερείσματα.
- υψηλές θερμοκρασίες

Σημαντικές κυκλοφοριακές επιπονήσεις (βαριά κυκλοφορία, περιοχές διοδίων, σηματοδοτών)σε περιόδους με μεγάλες θερμοκρασίες περιβάλλοντος.

## Εξέλιξη

- Συνοδεύεται από εξίδρωση (ανάδυση ασφάλτου).
- Δημιουργία τοπικών ανυψώσεων.

## ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ: ΑΠΟΣΥΝΘΕΣΕΙΣ

### Αποσύνθεση

Αποσύνθεση είναι η θρυμματίση του οδοστρώματος σε μικρά ασύνδετα κομμάτια. Σε αυτήν περιλαμβάνεται και η αποκόλληση των αδρανών από την επιφάνεια του οδοστρώματος. Εάν η αποσύνθεση, όπως ορίστηκε παραπάνω, δεν αποκατασταθεί έγκαιρα, είναι σίγουρο ότι θα οδηγήσει πολύ σύντομα σε κατάσταση όπου θα απαιτείται αντικατάσταση του οδοστρώματος.

Οι κυριότερες μορφές αποσύνθεσης σε αρχικό στάδιο είναι η αποκόλληση αδρανών (ravelling) και οι λακκούβες (potholes).

### Αποκόλληση αδρανών από ασφαλτοτάπητες (**Raveling, Destinegration**)

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

### Πιθανά αίτια

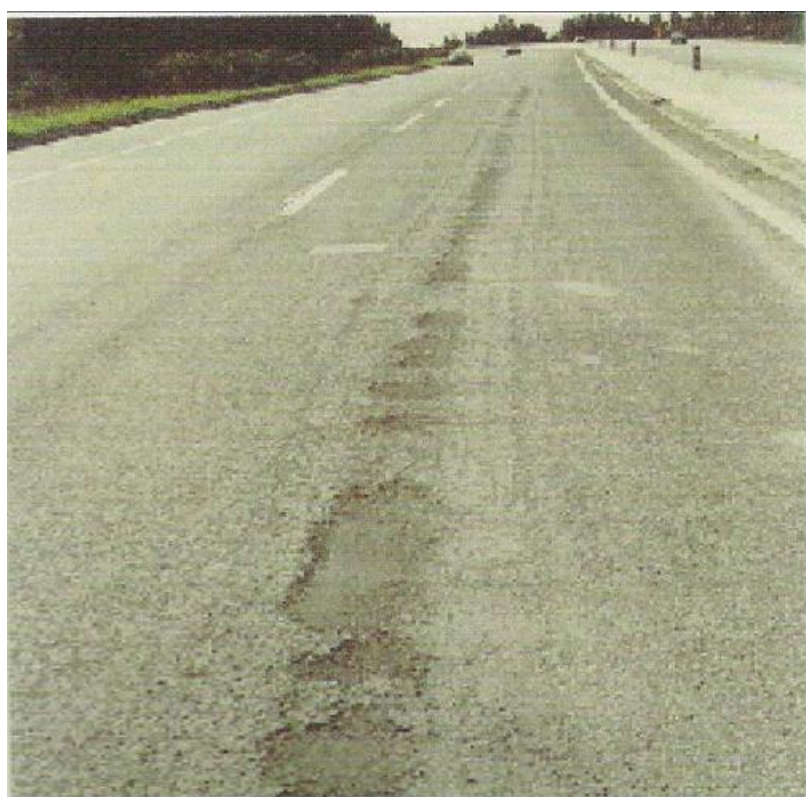
- Ανεπαρκής συμπύκνωση της στρώσης.
- Κατασκευή του τάπητα με κακές καιρικές συνθήκες (βροχές, χαμηλές θερμοκρασίες κλπ)
- Χρησιμοποίηση μη καθαρών αδρανών ή αδρανών που συντρίβονται με την πάροδο του χρόνου (π.χ. ψαμμιτικά αδρανή).
- Μικρή περιεκτικότητα ασφάλτου στο ασφαλτόμιγμα ή υπερθέρμανσή του.

## Εξέλιξη

Με την πάροδο του χρόνου αυξάνεται η διαπερατότητα της ασφαλτικής στρώσης, δεν συγκρατούνται πλέον τα αδρανή τα οποία αποκολλούνται, με συνέπεια την αποσύνθεση της επιφάνειας του οδοστρώματος και τη δημιουργία λάκκων.

## Απογύμνωση αδρανών (**Protrusion** οί **Aggregates, Desenrobage**)

Απώλεια λεπτόκοκκων αδρανών και ασφαλτικού υλικού γύρω από τα αδρανή μιας στρώσης κυκλοφορίας.



## Πιθανά αίτια

- Ανεπαρκής συνάφεια συνδετικού υλικού, αδρανών.
- Κατασκευή τάπητα με κακές καιρικές συνθήκες.
- Συγκέντρωση νερών στο οδόστρωμα.

### Εξέλιξη

Αύξηση της διαπερατότητας του ασφαλτομίγματος με σύγχρονη απώλεια σκύρων που δεν συγκρατούνται μετά την απογύμνωσή τους. Πρέπει να επισκευάζεται αμέσως χρησιμοποιώντας ασφαλική επάλειψη.

### Αποκόλληση υλικού κατά πλάκες (**Peeling - Pelade**)

Αποκόλληση της στρώσης κυκλοφορίας κατά πλάκες.

### Πιθανά αίτια

- Μικρό πάχος της στρώσης κυκλοφορίας
- Κακή συγκόλληση της στρώσης κυκλοφορίας με την υποκείμενη στρώση (π.χ. απουσία συγκολλητικής).

### Εξέλιξη

Επέκταση σε αριθμό και έκταση των τμημάτων που έχουν υποστεί την υπόψη βλάβη.

### Λάκκοι (φωλιές) (**Pothole - Nid de Poule**)

Είναι τρύπες διαφόρων μεγεθών στο οδοστρώμα σε σχήμα μικρής λεκάνης. Προέρχονται από τοπική αποσύνθεση του οδοστρώματος, λόγω της ανεπαρκούς αντοχής του ασφαλτικού τάπητα.

### Πιθανά αίτια

- Ανεπαρκής αντοχή του οδοστρώματος (μειωμένο πάχος ασφαλικής στρώσης, μικρή περιεκτικότητα σε άσφαλο, έλλειψη ή υπερβολική ποσότητα παιπάλης).
- έλλειψη συνδετικού υλικού στο ασφαλτόμιγμα
- Ανεπαρκής αποστράγγιση της οδού
- Εξέλιξη άλλων φθορών (ρωγμές τύπου αλλιγάτορα, καθίζηση κ.ά.)

### Εξέλιξη

Διεύρυνση του λάκκου, αποσύνθεση οδοστρώματος σε μεγάλη έκταση.



## ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ: ΛΕΙΑΝΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΚΥΛΙΣΗΣ

### 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 που αυτό προσφέρει και είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ολισθηρότητα της επιφάνειας.

Η λεία επιφάνεια του οδοστρώματος οφείλεται κυρίως στη λείανση των επιφανειακών αδρανών. Μπορεί επίσης να οφείλεται στην ανάδυση της ασφάλτου στην επιφάνεια του οδοστρώματος ή στη βύθιση των χονδρόκοκκων αδρανών. Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, επέρχεται μείωση ή εκμηδένιση της μικρό- ή μακρό- υφής της επιφάνειας του οδοστρώματος και 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 επίσης, μπορεί να επέλθει με την παρουσία λαδιών ή χώματος πάνω στην επιφάνεια, καθώς και με την εναπόθεση ελαστικών (στις περιοχές που παρατηρείται έντονη πέδηση των οχημάτων).

### Λείανση αδρανών (στίλβωση) (**Polished aggregate, granulates polis**)

Λεία και ολισθηρή επιφάνεια κύλισης με γυαλιστερή όψη.

### Πιθανά αίτια

- Λείανση των αδρανών της επιφανειακής ασφατικής στρώσης από την επίδραση της κυκλοφορίας (συνήθως πρόκειται για αδρανή με μεγάλο συντελεστή φθοράς σε τριβή και κρούση κατά Los Angeles)
- Βύθιση των χονδρόκοκκων αδρανών από ασφαλτόμιγμα από την επίδραση της κυκλοφορίας.

## Εξέλιξη

Το οδόστρωμα με την πάροδο του χρόνου γίνεται λείο και γυαλιστερό με αποτέλεσμα την αύξηση της ολισθηρότητάς του.

## Θεραπεία

Η αντιμετώπιση της ολισθηρότητας γίνεται με τοποθέτηση καρφιών στην επιφάνεια του οδοστρώματος και στη συνέχεια διάστρωση ασφαλικού σκυροδέματος με γωνιώδη αδρανή. Μετά τη διάστρωση το ασφαλικό σκυρόδεμα κυλινδρώνεται μι οδοστρωτήρα. Ακόμη μπορούμε να εφαρμόσουμε διάστρωση ασφαλτομίγματος ή ασφαλικής επάλειψης.

## Ανάδυση ασφάλτου (**Flushing - Ressuage**)

Παρουσία ασφάλτου στην επιφάνεια του οδοστρώματος που του δίνει μαύρη και γυαλιστερή όψη, η οποία ανεβαίνει τις ζεστές μέρες και υπερκαλύπτει τα αδρανή.

## Πιθανά αίτια

- Μεγάλη περιεκτικότητα ασφάλτου στο ασφαλτόμιγμα
- Χρήση μαλακής ασφάλτου
- Κακοτεχνία στην κατασκευή σφραγιστικής επάλειψης
- Μεγάλη ποσότητα ασφαλικού υγρού στην προεπάλειψη ή στη συγκολλητική επάλειψη (σε εποχές με υψηλή θερμοκρασία)
- Βαριά κυκλοφορία, που συμπυκνώνει υπερβολικά το ασφαλτόμιγμα. Η περίσσεια ασφάλτου αναδύεται στην επιφάνεια.

## Εξέλιξη

Εμφάνιση της ασφάλτου στις τροχιές των οχημάτων σε περιόδους που έχουμε υψηλές θερμοκρασίες. Συνοδεύεται με παραμόρφωση της στρώσης κυκλοφορίας, ενώ εμφανίζεται με τη μορφή ασφαλικής μεμβράνης που προκαλεί ολισθηρότητα στην οδό κατά τις βροχερές μέρες.

## Θεραπεία

Επισκευάζεται με διάστρωση άμμου, σκουριάς ή ψηφίδες και στη συνέχεια ελαφριά κυλίνδρωση.

## 3.5 ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΗ ΣΥΝΤΗΡΙΣΗ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ-ΔΡΟΜΩΝ

### Γενικά

Η στοιχειώδης συντήρηση της οδού περιλαμβάνει:

- Οδοστρώματα
- Νησίδες, Κρασπεδόρειθρα και Πεζοδρόμια
- Αποχέτευση
- Επιχώματα - Ορύγματα
- Πράσινο
- Εξοπλισμό Ασφαλείας και Προστασίας
- Σήμανση
- Ηλεκτρομηχανολογικές Εγκαταστάσεις
- Καθαριότητα

### Σύστημα Διαχείρισης Στοιχειώδους Συντήρησης

Η διαχείριση της στοιχειώδους συντήρησης του αυτοκινητοδρόμου αναφέρεται τόσο στην τεχνική αστυνόμευση της οδού όσο και στις εργασίες συντήρησης που απαιτούνται. Οι διαδικασίες της διαχείρισης αυτής μπορούν να ελέγχονται και να υλοποιούνται μέσω ενός πληροφοριακού Συστήματος Διαχείρισης Στοιχειώδους Συντήρησης (ΣΔΣΣ). Το ΣΔΣΣ παρέχει τη δυνατότητα της αξιολόγησης κάθε έκθεσης επιθεώρησης ή άλλης έκθεσης, των καταγγελιών και αξιώσεων τρίτων μερών, σε συνδυασμό με το μητρώο οδού, των προηγούμενων ενεργειών συντήρησης και άλλων σχετικών στοιχείων.

Το ΣΔΣΣ, εκτός από τους σκοπούς καλής διαχείρισης και ασφάλειας των χρηστών που εξυπηρετεί, κρίνεται απαραίτητο για την αντιμετώπιση αξιώσεων που ενδέχεται να προκύψουν από υποτιθέμενες φθορές στον αυτοκινητόδρομο, αφού ορισμένες φορές έχουν πραγματοποιηθεί διορθωτικές ενέργειες και δεν υπάρχουν πλέον ενδείξεις της φθοράς επί της οδού. Είναι γνωστό ότι η οδός δεν μπορεί να είναι πάντα σε άριστη κατάσταση. Ωστόσο, ο Φορέας συντήρησης πρέπει να είναι σε θέση να αποδεικνύει ότι εκπληρώνει τις υποχρεώσεις του με το βέλτιστο τρόπο. Ένα επαρκές σύστημα επιθεώρησης αποτελεί ουσιώδη συνιστώσα της εν λόγω προϋπόθεσης.

Στα πλαίσια του ΣΔΣΣ έχουν αναπτυχθεί πληροφοριακά συστήματα με σκοπό να καλύψουν τις δύο βασικές πτυχές του, δηλαδή:

- α) τη συλλογή δεδομένων
- β) την αποθήκευση, ανάλυση και χρήση δεδομένων

Η εγκατάσταση ενός συστήματος ηλεκτρονικής βάσης δεδομένων στα κεντρικά και περιφερειακά γραφεία του Φορέα συντήρησης, επιτρέπει την αναζήτηση και διασταύρωση πληροφοριών που έχουν συλλεγεί και

αποθηκευθεί. Για την επιτόπια συλλογή δεδομένων μπορεί να γίνει χρήση ηλεκτρονικών Συσκευών Συλλογής Δεδομένων (Data Capture Devices: DCD).

Ένα τυπικό ΣΔΣΣ έχει πέντε συνιστώσες:

- α) Το Οδικό Δίκτυο
- β) Το Μητρώο Οδού
- γ) Τις Επιθεωρήσεις
- δ) Τη Στοιχειώδη Συντήρηση
- ε) Τα Έντυπα Εντολών Εργασίας

Το προς διαχείριση οδικό δίκτυο των αυτοκινητοδρόμων, ορίζεται κατά τρόπο που να επιτρέπει μονοσήμαντο προσδιορισμό της γεωγραφικής θέσης κάθε στοιχείου. Το ΣΔΣΣ χρησιμοποιεί ένα γραμμικό σύστημα αναφοράς σύμφωνα με το οποίο κάθε στοιχείο της οδού προσδιορίζεται βάσει του τμήματος συντήρησης στο οποίο ανήκει, της χιλιομετρικής θέσης και της θέσης του εντός της διατομής (εγκάρσια θέση). Τα τμήματα συντήρησης ορίζονται είτε μεταξύ ανισόπεδων κόμβων είτε σε κλάδους αυτών.

Στο παρόν τεύχος παρατίθενται και οι διαδικασίες επιθεώρησης και αναφοράς, οι ενδεικνυόμενες ενέργειες και τα προς συμμόρφωση πρότυπα. Το ΣΔΣΣ πληροί τις απαιτήσεις αυτές κάνοντας χρήση των τυποποιημένων αρχείων επιθεωρήσεων τα οποία καταγράφουν επίσης τις προκύπτουσες αποφάσεις και ενέργειες. Το ίδιο αρχείο χρησιμοποιείται για τις αναφορές και τις καταγγελίες που προέρχονται από εξωτερικές πηγές, όπως το ευρύ κοινό, η αστυνομία, κλπ. Τα DCD με τυποποιημένα προγράμματα συλλογής δεδομένων επιτρέπουν τη σταθερή καταγραφή των επιθεωρήσεων με τη χρήση καταλόγων (προερχόμενων από το Εγχειρίδιο ΣΔΣΣ) που παραθέτουν τα προς επιθεώρηση στοιχεία και τις φθορές που πρέπει να αναφερθούν.

Εκτός από την καταγραφή των φθορών που εντοπίζονται κατά τις επιθεωρήσεις, το ΣΔΣΣ χρησιμεύει για την καταγραφή των εργασιών στοιχειώδους συντήρησης που αναλαμβάνονται σύμφωνα με το παρόν τεύχος και την υπόμνηση μεταγενέστερων προγραμματισμένων εργασιών στοιχειώδους συντήρησης.

Τα έντυπα εντολών εργασίας προς τα συνεργεία συντήρησης, επιτρέπουν την περιοδική επανεξέταση των καταγεγραμμένων φθορών, την ομαδοποίησή τους και τη συσχέτισή τους με αντίστοιχες αναφορές μετά την αποκατάσταση των φθορών. Παραδείγματα τέτοιων εντύπων περιλαμβάνονται στο Παράρτημα του παρόντος τεύχους.

Οι πληροφορίες που εισέρχονται στη βάση δεδομένων μπορεί να χρησιμοποιηθούν επίσης για την αξιολόγηση της απόδοσης του εργολάβου συντήρησης, μέσω των εκθέσεων επιθεώρησης.

## **Τεχνική Αστυνόμευση της Οδού**

**Τεχνική αστυνόμευση οδού είναι το σύνολο των ενεργειών και δράσεων που απαιτούνται για την επισήμανση των φθορών των στοιχείων αυτής και τον εντοπισμό επικείμενων κινδύνων για τους χρήστες.**

Για την υλοποίηση της τεχνικής αστυνόμευσης στον αυτοκινητόδρομο θα πραγματοποιούνται περιπολίες ασφαλείας και επιθεωρήσεις με σκοπό τον εντοπισμό των αναγκών της στοιχειώδους συντήρησης. Τα χρονικά διαστήματα ή οι συχνότητες επιθεωρήσεων, όπου προβλέπονται, πρέπει να τηρούνται κατά το δυνατόν αυστηρά.

Οι φθορές που εντοπίζονται από την τεχνική αστυνόμευση, εντάσσονται σε δύο κατηγορίες:

Κατηγορία 1: φθορές που χρήζουν άμεσης προσοχής καθώς συνεπάγονται άμεσο ή επικείμενο κίνδυνο για τους χρήστες του αυτοκινητοδρόμου.

Κατηγορία 2: όλες οι λοιπές φθορές.

Οι χρόνοι αποκατάστασης των φθορών αναφέρονται παρακάτω.

Το σύνολο του προσωπικού θα πρέπει να καταρτίζεται κατάλληλα, ώστε να είναι πλήρως ενήμερο των διαδικασιών επιθεώρησης και των απαιτήσεων ασφαλείας κατά τη διάρκεια των περιπολιών ή επιθεωρήσεων επί του αυτοκινητοδρόμου.

Στα πλαίσια της στοιχειώδους συντήρησης προβλέπονται περιπολίες ασφαλείας και δύο τύποι επιθεωρήσεων: επιθεωρήσεις ασφαλείας και λεπτομερείς επιθεωρήσεις.

## **Περιπολίες Ασφαλείας**

Οι περιπολίες ασφαλείας διεξάγονται στον αυτοκινητόδρομο από αρμόδιο τεχνικό που κινείται με όχημα με χαμηλή ταχύτητα στα πλαίσια όμως της συνήθους ταχύτητας κυκλοφορίας ώστε να μην παρακωλύεται η ροή της κυκλοφορίας. Παρέχουν συχνή και οργανωμένη επιτήρηση του οδικού δικτύου με σκοπό τον εντοπισμό προφανών κινδύνων. Περιστασιακά, μπορεί να παραστεί ανάγκη για διεξαγωγή της περιπολίας ασφαλείας πεζή.

Ο ως άνω τεχνικός θα φροντίζει αμέσως για την αποκατάσταση των φθορών κατηγορίας 1, εάν είναι πρακτικά εφικτό, αλλιώς θα προβαίνει στην απαραίτητη προσωρινή σήμανση. Απαραίτητη είναι η τήρηση αρχείου υπό μορφή ημερολογίου για όλες τις περιπολίες ασφαλείας, όπου θα αναφέρεται η ημερομηνία, ο υπάλληλος περιπολίας, ο τρόπος και η ώρα περιπολίας σε κάθε τμήμα της οδού και η καταγραφή πιθανών συμβάντων ή φθορών. Το αρχείο αυτό θα κρατείται για ελάχιστο διάστημα 6 χρόνων. Δεν προβλέπεται η καταχώρηση των αρχείων αυτών στη βάση δεδομένων ΣΔΣΣ εφόσον αυτό είναι διαθέσιμο, εκτός από την περίπτωση αναφοράς φθορών κατηγορίας 1. Στην περίπτωση αυτή, μετά το πέρας της περιπολίας ασφαλείας θα ακολουθεί αναφορά στο αρμόδιο γραφείο συντήρησης και καταχώρηση στη βάση δεδομένων του ΣΔΣΣ.

Οι περιπολίες ασφαλείας θα πραγματοποιούνται καθημερινά (χωρίς να εξαιρούνται τα σαββατοκύριακα και οι επίσημες αργίες), παρεμβαλλόμενες

στις εβδομαδιαίες επιθεωρήσεις ασφαλείας, με τήρηση των απαραίτητων μέτρων ασφαλείας σύμφωνα με τις ισχύουσες διατάξεις.

Τακτές περιπολίες ασφαλείας δεν προβλέπονται για το παράπλευρο βοηθητικό οδικό δίκτυο.

## Επιθεωρήσεις Ασφαλείας

Οι επιθεωρήσεις ασφαλείας διενεργούνται για τον εντοπισμό φθορών που συνιστούν επικείμενο ή άμεσο κίνδυνο για το κοινό, δηλαδή τις φθορές κατηγορίας 1. Όπου υπάρχουν τέτοιες φθορές, πρέπει, εάν είναι πρακτικά εφικτό, να αποκαθίστανται ώστε να απομακρύνεται ο κίνδυνος ή να προβλέπονται άλλα μέτρα προστασίας από το προσωπικό που διενεργεί την επιθεώρηση. Οι ενέργειες αυτές πρέπει να υλοποιούνται πριν γίνει σχετική αναφορά στο κεντρικό γραφείο με την πρώτη ευκαιρία και με το αίτημα άμεσης κινητοποίησης, αν αυτό είναι απαραίτητο.

Οι επιθεωρήσεις ασφαλείας πρέπει υπό κανονικές συνθήκες να πραγματοποιούνται από καταρτισμένο τεχνικό προσωπικό, υπό τη μορφή διμελούς ομάδας κινούμενης με όχημα με μικρή ταχύτητα. Όπου το απαιτούν οι περιστάσεις, (π.χ. στις περιπτώσεις υπόγειας διάβασης, σε σύνθετους οδικούς κόμβους, κλπ.), οι διενεργούντες την επιθεώρηση θα κινούνται πεζή, είτε για να επαληθεύσουν πιθανολογούμενες φθορές είτε για να ολοκληρώσουν την επιθεώρηση ασφαλείας. Οι επιθεωρήσεις δεν πρέπει να διενεργούνται σε περιόδους αιχμής, ούτως ώστε να ελαχιστοποιείται η παρακώλυση της κυκλοφορίας. Το όχημα θα πρέπει να έχει κατάλληλη σήμανση, σύμφωνα με τις ισχύουσες διατάξεις.

Τα δεδομένα που συλλέγονται κατά τις επιθεωρήσεις ασφαλείας θα μπορούν να καταγράφονται σε DCD και μετά το πέρας αυτών να μεταφέρονται στη βάση δεδομένων του ΣΔΣΣ. Είναι σημαντική η άμεση καταχώρηση στη βάση δεδομένων όλων των στοιχείων των επιθεωρήσεων, ακόμη και εκείνων που δεν έχουν επισημάνει καμία φθορά. Τα αρχεία επιθεωρήσεων πρέπει να φυλάσσονται για ελάχιστο διάστημα 6 ετών.

Οι αναφορές και οι καταγγελίες από άλλες πηγές πρέπει ομοίως να καταγράφονται στη βάση δεδομένων και να φυλάσσονται μαζί με λεπτομέρειες των έκτακτων επιθεωρήσεων και των μέτρων που έχουν ληφθεί.

Η έκθεση της επιθεώρησης ασφαλείας θα πρέπει να αναφέρει τα στοιχεία των επιθεωρητών και να περιλαμβάνει λεπτομέρειες για τις καιρικές συνθήκες, την κατάσταση του οδοστρώματος και για τυχόν διαφοροποιήσεις στη μέθοδο επιθεώρησης.

Η συχνότητα των επιθεωρήσεων ασφαλείας καθορίζεται ως εξής:

- Κατηγορία Α (κυρίως αυτοκινητόδρομος): ανά 7 ημέρες, και
- Κατηγορία Β (παράπλευρο βοηθητικό δίκτυο): ανά 28 ημέρες.

Οι κλάδοι των κόμβων και οι συνδετήριες οδοί του αυτοκινητοδρόμου με το υπόλοιπο οδικό δίκτυο θα υπόκεινται σε επιθεώρηση ασφαλείας με την ίδια συχνότητα με τον αυτοκινητόδρομο.

Οι παραπάνω χρόνοι δεν ισχύουν για τις ειδικές κατασκευές και εγκαταστάσεις (πχ. τεχνικά, Η/Μ εγκαταστάσεις σηράγγων) για τις οποίες υπάρχουν ειδικές απαιτήσεις.

Ορισμένα τμήματα του αυτοκινητοδρόμου (πχ σήραγγες) βρίσκονται υπό συνεχή επιτήρηση. Η επιτήρηση αυτή, που βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην παρακολούθηση με κάμερες, έχει πρωταρχικό στόχο την αντιμετώπιση εκτάκτων περιστατικών και δεν υποκαθιστά τις περιπολίες και επιθεωρήσεις ασφαλείας.

Έκτακτες επιθεωρήσεις ασφαλείας απαιτούνται ύστερα από αναφορές ή καταγγελίες από την αστυνομία, λοιπούς οργανισμούς και το κοινό, ή ύστερα από περιστατικά μείζονος σημασίας ή θεομηνίες, όπου χρειάζεται να γίνει επιτόπια έρευνα και αξιολόγηση φθορών.

### **Λεπτομερείς Επιθεωρήσεις**

Οι λεπτομερείς επιθεωρήσεις διεξάγονται προγραμματισμένα για τον εντοπισμό φθορών, οι οποίες αποκαθίστανται ύστερα από προγραμματισμό των εργασιών στοιχειώδους συντήρησης.

Υπάρχουν 2 κατηγορίες λεπτομερών επιθεωρήσεων:

- α) **Μη Εξειδικευμένες:** λεπτομερείς επιθεωρήσεις, όπου δεν απαιτούνται ιδιαίτερες τεχνικές γνώσεις από το προσωπικό που τις διενεργεί.
- β) **Εξειδικευμένες:** λεπτομερείς επιθεωρήσεις, όπου απαιτούνται ιδιαίτερες τεχνικές γνώσεις από το προσωπικό που τις διενεργεί.

Οι ειδικότερες απαιτήσεις της λεπτομερούς επιθεώρησης για κάθε στοιχείο της οδού παρατίθενται στα επόμενα μέρη του παρόντος τεύχους. Στα μέρη αυτά και για κάθε στοιχείο της οδού ξεχωριστά παρατίθεται πίνακας ο οποίος περιλαμβάνει τις φθορές οι οποίες πρέπει να καταγράφονται και ενδεικτικά τις αντίστοιχες μεθόδους αποκατάστασης. Περιλαμβάνονται επίσης και τα όρια έκτασης της φθοράς πέρα από τα οποία η αποκατάσταση δεν υπάγεται στις δραστηριότητες της στοιχειώδους συντήρησης. Όπου δεν αναγράφονται όρια έκτασης της φθοράς, η αποκατάσταση υπάγεται στις δραστηριότητες της στοιχειώδους συντήρησης. Ο πίνακας 2.1 συνοψίζει την απαιτούμενη συχνότητα των λεπτομερών επιθεωρήσεων για κάθε στοιχείο της οδού.

Οι λεπτομερείς επιθεωρήσεις θα πρέπει να διεκπεραιώνονται έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η παρακώλυση της κυκλοφορίας, να υπάρχει επαρκής πρόσβαση για την πραγματοποίησή τους και να διασφαλίζεται η προστασία του προσωπικού που τις διενεργεί, με την τήρηση πάντοτε των απαραίτητων μέτρων ασφαλείας σύμφωνα με τις ισχύουσες διατάξεις.

Όταν οι λεπτομερείς επιθεωρήσεις απαιτούν αποκλεισμό μιας ή όλων των λωρίδων κυκλοφορίας, θα πρέπει να πραγματοποιούνται όταν ο δρόμος τίθεται εκτός κυκλοφορίας για άλλες εργασίες συντήρησης. Όπου απαιτείται αποκλεισμός μεμονωμένων λωρίδων, η επιθεώρηση δεν πρέπει να πραγματοποιείται σε περιόδους αιχμής, ενώ θα πρέπει να προτιμάται η



νυκτερινή εργασία ή ο αποκλεισμός των λωρίδων με κινητά φράγματα, ώστε να ελαχιστοποιείται η παρακώλυση της κυκλοφορίας.

Οι λεπτομερείς επιθεωρήσεις για τον εντοπισμό φθορών στα ερείσματα τμημάτων της οδού με 3 λωρίδες κυκλοφορίας πρέπει να διενεργούνται από τη λωρίδα έκτακτης ανάγκης (ΛΕΑ) ή το έρεισμα. Από τις θέσεις αυτές πρέπει επίσης να επιθεωρείται η κατάσταση του οδοστρώματος, καθώς και τα φρεάτια και κρασπεδόρειθρα που βρίσκονται στη ΛΕΑ, σύμφωνα με τις προβλεπόμενες συχνότητες.

Ανά 2 έτη (ή συχνότερα εάν προβλέπεται αποκλεισμός της λωρίδας για άλλους σκοπούς ή συνιστάται βάσει της πρότερης εμπειρίας) πρέπει να πραγματοποιείται λεπτομερής επιθεώρηση από την πλευρά της διαχωριστικής νησίδας με αποκλεισμό της αριστερής λωρίδας με κώνους. Η επιθεώρηση θα καλύπτει όλα τα στοιχεία εντός και εγγύς της διαχωριστικής νησίδας, καθώς και τα στοιχεία που υφίστανται επιθεώρηση ανά 2 έτη ή συχνότερα. Επιπλέον, αντίστοιχη επιθεώρηση πρέπει να πραγματοποιείται και στη δεξιά λωρίδα του καταστρώματος της οδού όπως και στη διαγράμμιση του οδοστρώματος.

Για τα τμήματα της οδού με 2 λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση αρκούν κατά κανόνα οι επιθεωρήσεις από τη λωρίδα έκτακτης ανάγκης, για την καταγραφή φθορών σε όλο το πλάτος της επιφάνειας του καταστρώματος. Ο αποκλεισμός της αριστερής λωρίδας κυκλοφορίας πρέπει να εφαρμόζεται ανά 2 έτη ή αραιότερα, για την καλύτερη προστασία του προσωπικού επιθεώρησης εντός της διαχωριστικής νησίδας.

Κατά τις λεπτομερείς επιθεωρήσεις τα δεδομένα μπορούν να συλλέγονται με τη χρήση DCD, βάσει προγραμμάτων συλλογής δεδομένων που περιλαμβάνουν καταλόγους με τις κυριότερες φθορές προς επισήμανση. Τα δεδομένα αυτά θα φυλάσσονται σε αρχείο ή στη βάση δεδομένων του ΣΔΣΣ, εφόσον αυτό είναι διαθέσιμο, για ελάχιστο διάστημα 6 ετών.

Το αρχείο της λεπτομερούς επιθεώρησης πρέπει να περιλαμβάνει λεπτομέρειες για τον τρόπο επιθεώρησης (πχ αποκλεισμός αριστερής λωρίδας ή λωρίδας έκτακτης ανάγκης), τις καιρικές συνθήκες και τυχόν διαφοροποιήσεις στη μεθοδολογία της επιθεώρησης. Τα αρχεία λεπτομερών επιθεωρήσεων που δεν επισημαίνουν καμία φθορά θα πρέπει επίσης να καταχωρούνται στη βάση δεδομένων (μηδενικό μητρώο επιθεώρησης).

Στοιχείο	Συχνότητα Λεπτομερών Επιθεωρήσεων
Οδοστρώματα	Ανά έτος
Νηοίτες, Κρασπεδόροτρα και Πεζοδρόμα	Ανά έτος
Αποχέτευση	
Καλύμματα, σκάρες και πλάκια φρεσίων	Ανά έτος
Ραβδά	Ανά έτος
Βαθμιδικά ραβδά	Όταν υπάρχουν σχετικές αναφορές ή καταγγελίες
Συστήματα αγωγών αποχέτευσης	Ανά έτος
Φρέατα πάσης φύσεως	Ανά έτος
Τάφροι	Ανά έτος
Στραγγιστήρια	Ανά έτος
Οχετοί	Ανά έτος
Εξοδοί αγωγών αποχέτευσης	Ανά έτος
Βοηθητικές μονάδες	Ανά έτος
Επιχώματα και Ορόσημα	Ανά έτος – Εξοδουκούμενες επιθεωρήσεις ανά 5 έτη
Περιοχές πρασίνου	Ανά έτος
Δένδρα	Ανά έτος – Δενδροκομικοί έλεγχοι ανά 5 έτη
Ασφάλιση	Ανά έτος – Η απαραίτητα της ασφάλισης ανά 6 μήνες
Οριζόντια σήμανση	Ανά έτος
Κατακόρυφη σήμανση	Έλεγχος ορατότητας ανά έτος – Έλεγχος χαρακτηριστικών ανά 2 έτη
Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις	
Φωτιστικά συστήματα και λαμπτήρες φωτισμού	Ανά έτος
Ισοί σιδικού φωτισμού	Ανά έτος
Καλώδια τροφοδοσίας δικτύου – Φρέατα καλωδίων	Ανά έτος – Ηλεκτρολογικές δοκιμές ανά 5 έτη
Πίνακας ηλεκτρικής διανομής	Ανά έτος
Φωτεινοί σηματοδότες και σχετικός εξοπλισμός ελέγχου	Έλεγχος λειτουργίας ανά μήνα – Έλεγχος φυσικής κατάστασης ανά έτος
Επαγγελματικοί βρόχοι	Ανά 3 μήνες – Έλεγχος αντίστασης μόνωσης ανά έτος
Τηλέφωνα ανάγκης	Ανά μήνα
Πίνακδες μεταβλητού ορίου ταχύτητας	Ανά 3 μήνες
Ερμάρια εξοπλισμού τηλεματείας	Ανά 3 μήνες
Λογός τηλεπικοινωνιακός εξοπλισμός	Ανά 3 μήνες
Ηλεκτρική παροχή	Ανά έτος

Εικόνα 28. Συχνότητα Λεπτομερών Επιθεωρήσεων Αυτοκινητοδρόμου

## Απαιτήσεις Συντήρησης

Τα χρονικά περιθώρια μέσα στα οποία θα πρέπει να εκτελεσθούν οι εργασίες συντήρησης εξαρτώνται από την κατηγορία της φθοράς και το είδος των εργασιών ως εξής:

- Οι φθορές της **κατηγορίας 1** θα πρέπει να αποκαθίστανται ή να σημαίνονται κατά την επιθεώρηση, αν αυτό είναι δυνατό. Η σήμανση συνίσταται στην τοποθέτηση προειδοποιήσεων για την προστασία των χρηστών. Αν η αποκατάσταση της φθοράς δεν είναι δυνατή κατά το χρόνο της επιθεώρησης, θα πρέπει να πραγματοποιούνται μόνιμες ή προσωρινές επισκευές το ταχύτερο δυνατό. Σε κάθε περίπτωση **οι προσωρινές επισκευές θα πραγματοποιούνται εντός 24 ωρών** από την επισήμανση της φθοράς και θα επιθεωρούνται κατά τις επιθεωρήσεις ασφαλείας, ενώ **οι μόνιμες επισκευές πρέπει να πραγματοποιούνται εντός 28 ημερών**.
- Οι φθορές της **κατηγορίας 2** θα αποκαθίστανται στα πλαίσια προγραμματισμένων εργασιών συντήρησης. Το πρόγραμμα των εργασιών αυτών πρέπει να καταρτίζεται λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις πρόσβασης, άλλες εργασίες επί του οδικού δικτύου, τον κυκλοφοριακό φόρτο και την ανάγκη ελαχιστοποίησης της διαχείρισης της κυκλοφορίας.

Οι περαιτέρω απαιτήσεις συντήρησης που ισχύουν για συγκεκριμένους τομείς δραστηριότητας παρατίθενται λεπτομερώς στα αντίστοιχα κεφάλαια.

Κάθε μέτρο που λαμβάνεται, συμπεριλαμβανομένων των προσωρινών μέτρων προστασίας και επισκευών, θα καταγράφεται και θα τηρείται στα αρχεία του φορέα συντήρησης αυτοκινητοδρόμου για ελάχιστο διάστημα 6 ετών.

### 3.6 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Η παρούσα παράγραφος αναφέρεται στις επισκευές του οδοστρώματος της οδού σε επίπεδο στοιχειώδους συντήρησης και όχι στις εργασίες μεγαλύτερης κλίμακας που απαιτούνται για την ενίσχυση του οδοστρώματος ή σε εργασίες που θα κατατάσσονταν, ή θα συνδέονταν, με το πρόγραμμα κύριας συντήρησης.

Είναι αναγκαίο να γίνει σαφής διαφοροποίηση μεταξύ ενεργειών στοιχειώδους συντήρησης και κύριας συντήρησης για εργασίες παραπλήσιας φύσης. Πριν από τη διενέργεια κάποιων εργασιών κύριας συντήρησης, όπως επίστρωσης ή αποκατάστασης της επιφάνειας του οδοστρώματος, είναι απαραίτητο να διασφαλίζεται η αρτιότητα της υποδομής της οδού. Για το λόγο αυτό, κάποιες από τις εργασίες επισκευών (όπως επισκευές σε λακκούβες και ρηγματώσεις), ανήκουν άλλοτε στις αρμοδιότητες της στοιχειώδους και άλλοτε της κύριας συντήρησης. Η δεύτερη περίπτωση ισχύει όταν πρόκειται να ακολουθήσουν σημαντικές εργασίες κύριας συντήρησης (νέοι τάπητες κλπ) που προϋποθέτουν τις παραπάνω εργασίες προετοιμασίας.

Η επισκευή των φθορών που διαπιστώνονται κατά τις επιθεωρήσεις μπορεί να ενσωματωθεί στις επισκευές κύριας συντήρησης που προβλέπονται στις προγραμματισμένες εργασίες του αυτοκινητοδρόμου. Εντούτοις, οι επισκευές αυτές περιλαμβάνονται συνήθως σε μακροπρόθεσμο πρόγραμμα, που καθορίζεται βάσει των προτεραιοτήτων και της διαθεσιμότητας κονδυλίων. Τα προγράμματα αυτά είναι πιθανόν να αναβληθούν λόγω περιορισμένων πόρων, με αποτέλεσμα να καθίσταται ενδεχομένως απαραίτητη η πραγματοποίηση των αρχικά καθορισμένων μεμονωμένων επισκευών στοιχειώδους συντήρησης, σε σχετικά σύντομο χρόνο.

#### **Λεπτομερείς Επιθεωρήσεις**

Οι λεπτομερείς επιθεωρήσεις του οδοστρώματος πρέπει να πραγματοποιούνται ανά έτος. Πρέπει να επιτυγχάνεται ο καλύτερος δυνατός συντονισμός με τις λεπτομερείς επιθεωρήσεις στοιχείων της οδού ως συνόλου, για να μειώνεται κατά το δυνατόν η παρενόχληση της κυκλοφορίας. Παράλληλα, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι απαιτήσεις τεχνικής αστυνόμευσης στα πλαίσια της κύριας συντήρησης έτσι ώστε να προγραμματίζονται κοινές επιθεωρήσεις για τα δύο είδη συντήρησης όταν αυτό είναι δυνατό και να επιτυγχάνεται βέλτιστη χρήση των διατιθέμενων πόρων.

Οι φθορές που πρέπει να επισημαίνονται κατά τις λεπτομερείς επιθεωρήσεις περιγράφονται στον πίνακα 2.2. Ο ίδιος πίνακας περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικές με τα χαρακτηριστικά που πρέπει να καταγράφονται και ενδεικτικά τις απαραίτητες εργασίες συντήρησης.

Ο αποκλειστικός σκοπός των λεπτομερών επιθεωρήσεων είναι η επισήμανση εκείνων των τύπων φθορών που απαιτούν στοιχειώδη συντήρηση και όχι η εκτίμηση της γενικής δομικής αρτιότητας του οδοστρώματος. Ωστόσο

όταν σοβαρές φθορές είναι προφανείς, οι επιθεωρήσεις αυτές θα πρέπει να επιστημόνουν την ανάγκη εκπόνησης μελέτης για την ποιότητα του οδοστρώματος.

Φθορές (Τοπικές, μικρής έκτασης, χωρίς απαιτητή έρευνας, που δε σχετίζονται με εργασίες κύριας συντήρησης)	Χαρακτηριστικό μέγεθος/ μονάδα μέτρησης	Όρια	Μέθοδος αποκατάστασης (ενδεικτικά)
Τοπικές διακλαδιζόμενες ρηγματώσεις (αλληγομορφικές ρηγματώσεις)	Εμβαδόν / τ.μ.	<200	Ανακατασκευή του φθαρμένου τμήματος σε βάθος μίας στρώσης πλέον αυτής που παρουσιάζει τις ρωγμές.
Απλή ρηγματώση (μη αλληλοσυνδεόμενες ρηγματώσεις, εγκάρσιες ή κατά μήκος, ρηγματώσεις μεταξύ ασφαλτικών λωρίδων)	Μήκος / μ.	<50	Σφράγιση ρηγματώσης με ασφαλτική μαστίχα ή ελαστομερή ασφάλτο ή σφράγιση με γέμισμα αμμοσφάλτου (ελαστομερή ασφάλτο με πυρρική άμμο)
Ρηγματώσεις στα άκρα του οδοστρώματος	Μήκος / μ.	<50	Αποκατάσταση των άκρων του οδοστρώματος
Ρηγματώσεις γύρω από μεταλλικά στοιχεία (πχ καλύμματα φρεστικών, στηθαία ασφαλείας κλπ)	Εμβαδόν / τ.μ.	<200	Πλήρωση ρωγμής

Λάκκοι	Εμβαδόν / τ.μ.	<50	Περιμετρική εκσκαφή σε βάθος μέχρι τη στρώση που τις προκάλεσε και πλήρωση με ασφαλτόμγμα
Τοπικές καθιζήσεις (πχ σε μεταβατικά επιχώματα κλπ)	Εμβαδόν / τ.μ.	<200	Συμπλήρωση ασφαλτικών στρώσεων
Ασυχίες σε προηγούμενες εργασίες πλήρωσης (περιμετρικές ρηγματώσεις, διαφορά επιπέδου, απώλεια υλικού, ρηγματώσεις υλικού).	Εμβαδόν / τ.μ.	<200	Αποκατάσταση πλήρωσης και επιπεδότηας οδοστρώματος
Ανάδυση ασφάλτου	Εμβαδόν / τ.μ.	<200	Διάσπρωση άμμου ή ψηφιδών

Φθορές (Τοπικές, μικρής έκτασης, χωρίς απαιτήση έρευνας, που δε σχετίζονται με εργασίες κύριας συντήρησης)	Χαρακτηριστικό μέγεθος/ μονάδα μέτρησης	Όρια	Μέθοδος αποκατάστασης (ενδεικτικά)
Αποκόλληση αδρανών (απώλεια του υλικού από την επιφάνεια του οδοστρώματος)	Εμβαδόν / τ.μ.	<200	Επιαναφορά της υψής του οδοστρώματος (σφραγιστική επάλειψη με γαλάκτωμα, διάστρωση καθαρών ψηφιδιών και ελαφρά κυλίνδρωση)
Τροχοσυλακώσεις (μόνο για επισήμανση)	-	-	Δεν απαιτείται άμεση επέμβαση αλλά επισήμανση

Εικόνα 29. Φθορές και μέθοδοι αποκατάστασης που αφορούν στη στοιχειώδη συντήρηση οδοστρωμάτων

### Εργασίες Αποκατάστασης

Οι εργασίες αποκατάστασης των φθορών που περιγράφονται ενδεικτικά στον πίνακα 2.2 πραγματοποιούνται από ομάδες επέμβασης του φορέα διαχείρισης ή από εργολάβους. Οι εργασίες αυτές είναι εν γένει μικρής έκτασης και αποσκοπούν στην αποκατάσταση φθορών που δεν απαιτούν ιδιαίτερη έρευνα.

Εικόνα 1. Διατομές δύσκαμπτων (άκαμπτων) και εύκαμπτων οδοστρωμάτων (κατά Σαββίδη) .....	6
Εικόνα 2. Τυπική διατομή «ιδανικού» οδοστρώματος (κατά Brown και Barksdale) .....	7
Εικόνα 3. Τυπική κατασκευαστική διατομή εύκαμπτου οδοστρώματος(κατά Νικολαΐδη) .....	8
Εικόνα 4. Επίδραση του είδους του σταθεροποιητή στις ιδιότητες του εδάφους (κατά Τσώχο) .....	14
Εικόνα 5. Γενικό λογικό διάγραμμα αναλυτικής μεθόδου διαστασιολόγησης εύκαμπτων οδοστρωμάτων (κατά Νικολαΐδη) .....	16
Εικόνα 6. Σχηματική παράσταση σχεδιαστικών κριτηρίων εύκαμπτων οδοστρωμάτων (κατά Νικολαΐδη) .....	18
Εικόνα 7. Υπολογισμός δείκτη ITN κυκλοφορίας με τη μέθοδο Asphalt Institute (κατά Στεργιάδη).....	19
Εικόνα 8. Διορθωτικοί συντελεστές για ITN λόγω αύξησης της κυκλοφορίας(κατά Στεργιάδη).....	20
Εικόνα 9. Νομογράφημα προσδιορισμού οδοστρώματος κατά τη μέθοδο Asphalt Institute .....	21
Εικόνα 10. Λογικό διάγραμμα μεθοδολογίας διαστασιολόγησης οδοστρωμάτων κατά Asphalt nstitute .....	22
Εικόνα 11. Λογικό διάγραμμα μεθοδολογίας διαστασιολόγησης εύκαμπτων οδοστρωμάτων .....	24
Εικόνα 12. Μετατροπή αξόνων σε ισοδύναμους άξονες(κατά Στεργιάδη) .....	26
Εικόνα 13. Συσχέτιση τιμών CBR και S (κατά Τσώχο) .....	26
Εικόνα 14. Νομογράφημα προσδιορισμού τιμών $a_2$ σε συνάρτηση με την ποιότητα χρησιμοποιηθησομένων υλικών (κατά Τσώχο) .....	27
Εικόνα 15. Νομογράφημα προσδιορισμού $a_1$ σε συνάρτηση με την ποιότητα του χρησιμοποιηθησομένου υλικού (κατά Τσώχο).....	28
Εικόνα 16. Συντελεστές περιοχής (R)* (κατά Τσώχο).....	29
Εικόνα 17. Μέγιστα αξονικά φορτία σε διάφορες χώρες (Κατά OECD).....	31
Εικόνα 18. Τυπικές κατηγορίες εμπορικών οχημάτων και κατανομή Φορτίου (Κατά Crony D. and Crony P., IRF, TRB).....	32
Εικόνα 19. Κατηγορίες εμπορικών οχημάτων και κατανομή φορτίου(Κατά FHWA, Μήντσης Γ., Νικολαΐδης Α., Τσώχος Γ.) .....	33
Εικόνα 20. Συντελεστές ισοδυναμίας για τη μετατροπή αξόνων σε Ισοδύναμους Τυπικούς Άξονες (ITA) (Κατά AASHTO).....	35
Εικόνα 21. Επίδραση συντήρησης και αποκατάστασης οδοστρώματος στο επίπεδο	

εξυπηρέτησης και στη διάρκεια ζωής αυτού(κατά Νικολαΐδη) .....	36
Εικόνα 22. Δημιουργία φακών πάγου στο οδόστρωμα (κατά Τσώχο) .....	39
Εικόνα 23. Εδάφη ευαίσθητα σε παγετό (κατά Yoder / Witzac) .....	39
Εικόνα 24. Επιπτώσεις κλιματικών παραγόντων στα οδοστρώματα (Κατά Μουρατίδη) .....	40
Εικόνα 25. Δομή του εδάφους, μέγεθος και σχήμα κόκκων (Κατά STIEGER).....	41
Εικόνα 26. Γενικές ομάδες εδαφών συναρτήσει του μεγέθους του κόκκου (Κατά AASHTO, ASTM).....	42
Εικόνα 27. Μεθοδολογία μηχανιστικού σχεδιασμού.....	44
Εικόνα 28. Συχνότητα Λεπτομερών Επιθεωρήσεων Αυτοκινητοδρόμου .....	138
Εικόνα 29. Φθορές και μέθοδοι αποκατάστασης που αφορούν στη στοιχειώδη συντήρηση οδοστρωμάτων .....	142



- ✚ Βιβλίο : «Στοιχεία οδοποιίας» , Ιωάννη Κοφίτσα.
- ✚ 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας, Βόλος, 18-20 Μαΐου 2005, ομιλιτές Α.Γ. Προύσαλη Πολιτικός Μηχανικός & Σ.Π.Ρέζος Πολιτικός Μηχανικός
- ✚ 16ο Συνέδριο Σκυροδέματος, ΤΕΕ, ΕΤΕΚ, 21-23/10/ 2009, Πάφος, Κύπρος, ομιλιτές Κυριάκος ΝΕΟΚΛΕΟΥΣ, ΠΗΛΑΚΟΥΤΑΣ, Διόφαντος ΧΑΤΖΗΜΙΤΣΗΣ, Παύλος ΝΕΟΦΥΤΟΥ, Κυριάκος ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΕΟΥΣ, Στέλιος ΚΑΛΛΗΣ.
- ✚ ΟΕΜΚ-Β-9.0
- ✚ ΕΠΙΜΟΡΦΩΤΙΚΟ ΣΕΜΙΝΑΡΙΟ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ ““ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ..ΟΙ ΔΡΟΜΟΙ ΤΟΥ ΜΕΛΛΟΝΤΟΣ ΟΙ ΜΕΛΛΟΝΤΟΣ”” Εργαστήριο Δομικών Υλικών Α.Π.Θ., 4-9 Δεκεμβρίου, 2006
- ✚ ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε
- ✚ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ, ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ, Γ.Γ.Δ.Ε / Γ.Δ.Σ.Ε , Δ/ΝΣΗ ΣΥΝΤΗΡΙΣΗ ΟΔΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ