



ΟΔΙΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ – ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Γιουβανούδης Ιωάννης – Καραγιώτας Ευάγγελος



ΣΙΝΔΟΣ

ΜΑΪΟΣ 2018



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	2
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	107
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	109
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ	5
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ	7
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	8
ABSTRACT	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	10
Ιστορική αναδρομή οδοστρώματος	
1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ	
1.1. Δομή οδοστρώματος	
1.2. Άσφαλτος	
1.2.1. Ιδιότητες	
1.3. Αδρανή	
1.4. Ασφαλτομίγματα	
1.4.1. Κατηγορίες ασφαλτομιγμάτων	
1.5. Είδη οδοστρωμάτων	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	22
2. ΦΘΟΡΕΣ ΚΑΙ ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ	
2.1. Γενικά	
2.2. Φθορές οδοστρωμάτων	
2.2.1. Φθορές εύκαμπτων οδοστρωμάτων	
2.2.2. Φθορές δύσκαμπτων οδοστρωμάτων	
2.3. Πρόωρη αστοχία των οδοστρωμάτων	
2.3.1. Αστοχία στο σχεδιασμό	
2.3.2. Αστοχία στην κατασκευή	
2.3.3. Ακαταλληλότητα των υλικών	
2.3.4. Αστοχία στη συντήρηση	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....50

3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ

- 3.1. Γενικά
- 3.2. Επιφανειακές εργασίες 32
 - 3.2.1.Ήλωση (Bush Hammering)
 - 3.2.2.Χάραξη – Εκτομή (Milling)
 - 3.2.3.Χάραξη– Πριονισμός (Grooving)
 - 3.2.4.Διάστρωση υδροχλωρικού οξέος
 - 3.2.5.Αμμοβολή (Sand Blasting)
 - 3.2.6. Επιφανειακή Πύρωση (Flame Scouring)
 - 3.2.7.Απόξεση (Planing)
 - 3.2.8.Διάστρωση διαλύτη
 - 3.2.9.Επισκευές ρηγματώσεων
 - 3.2.10. Τοπικές επισκευές (Μπαλώματα)
 - 3.2.11. Επισκευές περιοχών
- 3.3. Πορώδεις ασφαλτοτάπητες
 - 3.3.1.Ιδιότητες
- 3.4. Ασφαλτοτάπητες με έμπηκτες ψηφίδες
 - 3.4.1.Ιδιότητες
- 3.5. Ασφαλτικές επαλείψεις (Ασφαλτικές επιστρώσεις)
 - 3.5.1.Ιδιότητες
- 3.6. Ασφαλτικοί λεπτοτάπητες
 - 3.6.1.Ιδιότητες
- 3.7. Ανακύκλωση
 - 3.7.1.Προϊόντα ανακύκλωσης οδοστρωμάτων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....68

4. ΚΑΙΝΟΤΟΜΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

- 4.1. Γενικά
- 4.2. Καινοτόμα υλικά στην κατασκευή οδοστρωμάτων
 - 4.2.1.Προκατασκευασμένα στοιχεία σκυροδέματος σε οδικά έργα – Μηχανικές Ύλες Τσιμέντου (Engineered Cementitious Composites – ECC)
 - 4.2.2. Φωτοκαταλυτικά υλικά
 - 4.2.3.Ασφαλτομίγματα χαμηλών θερμοκρασιών
 - 4.2.4.Οδοστρώματα σκυροδέματος<<Roller – Compacted Concrete Pavement>>
- 4.3. Καινοτόμα υλικά στον εξοπλισμό οδοστρωμάτων
 - 4.3.1.Τεχνολογίες <<Smart Highway>>
 - 4.3.2.Αποθεραπευτική άσφαλτος

4.4. Ανακυκλώσιμα υλικά σε ασφαλτομίγματα	
4.4.1.Ανακυκλωμένο ασφαλτικό οδόστρωμα (Recycled Asphalt Pavement)	
4.4.2.Ανακυκλωμένα ασφαλτικά σανίδια	
4.4.3.Ανακυκλωμένα ελαστικά	
4.4.4.Ανακυκλωμένο γυαλί	
4.4.5.Ανακυκλωμένο σκυρόδεμα	
4.4.6.Ιπτάμενη τέφρα και τέφρα κλιβάνου	
4.5. Εφαρμογή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα οδοστρώματα	
4.5.1. Ηλιακός συλλέκτης στην ασφαλτική στρώση	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	84
5. ΜΕΤΡΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ - ΣΗΜΑΝΣΗ	
5.1. Γενικά	
5.2. Αρχές ορθής σήμανσης	
5.3. Κατακόρυφη σήμανση	
5.4. Οριζόντια σήμανση	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	93
6. Συσχέτιση ατυχημάτων με τα επιφανειακά χαρακτηριστικά των οδοστρωμάτων	
6.1 Γενικά	
6.2 Επιπεδότητα	
6.3 Ολισθηρότητα	
6.3.1 Ολισθηρότητα λόγω παγετού	
6.4 Θόρυβος και κυκλοφορία	
6.5 Φωτομετρικά χαρακτηριστικά	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.....	102
7. Ανάλυση ερωτηματολογίου	
7.1 Αποτελέσματα ερωτηματολογίου «Οδική ασφάλεια – κατασκευή και συντήρηση οδοστρωμάτων»	
7.2 Συμπεράσματα	
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	107
ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ	

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1 : Διατομή τυπικού οδοστρώματος

Εικόνα 1.2: Επιμέρους στρώσεις διατομής τυπικού οδοστρώματος

Εικόνα 1.3: Βασικά συστατικά ασφαλτομίγματος

Εικόνα 1.4: Πορώδες ασφαλτόμιγμα διπλής στρώσης (2L PA)

Εικόνα 1.5: Επιφανειακή υφή της πορώδους ασφάλτου (αριστερά) σε σύγκριση με το ασφαλτικό σκυρόδεμα (δεξιά)

Εικόνα 1.6: Στρώση κρύου ασφαλτικού μίγματος

Εικόνα 1.7: Ταξινόμηση οδοστρωμάτων ανάλογα με την ελαστικότητά τους

Εικόνα 2.1: Ρωγμές τύπου αλιγάτορα.

Εικόνα 2.2: Ρωγμές στα άκρα του οδοστρώματος

Εικόνα 2.3: Ρωγμές μεταξύ των λωρίδων διάστρωσης ή διαπλάτυνσης

Εικόνα 2.4: Ρωγμές από ανάκλαση

Εικόνα 2.5: Ρωγμές από ολίσθηση ταπήτων

Εικόνα 2.6: Ρωγμές συρρίκνωσης

Εικόνα 3.7: Ρωγμές στην τροχιά των τροχών

Εικόνα 2.8: Τροχοαυλακώσεις

Εικόνα 2.9: Ρυτιδώσεις οδοστρώματος

Εικόνα 2.10: Τοπικές διογκώσεις

Εικόνα 2.11: Αποκόλληση αδρανών

Εικόνα 2.12: Λακούβα

Εικόνα 2.13: Αποφλοιώση οδοστρώματος

Εικόνα 2.14: Διάβρωση οδοστρώματος

Εικόνα 2.15: Ανάδυση ασφάλτου λόγω υπερβολικής ποσότητας ασφάλτου

Εικόνα 2.16: Αποκόλληση αδρανών, scaling

Εικόνα 2.17: Θρυμματισμός των πλακών, spalling

Εικόνα 3.1: Ήλωση οδοστρώματος

Εικόνα 3.2: Χάραξη – εκτομή οδοστρώματος (Milling)

Εικόνα 3.3: Χάραξη – πριονισμός οδοστρώματος (Grooving)

Εικόνα 3.4: Αμμοβολή σε οδοστρώματα (Sand blasting)

Εικόνα 3.5: Απόξεση οδοστρώματος (Planing)

Εικόνα 3.6: Πορώδης ασφαλτοτάπητας

Εικόνα 3.7: Διάστρωση θερμού ασφαλτομίγματος

Εικόνα 3.8: Διάστρωση ψηφίδων στο θερμό ασφαλτόμιγμα

Εικόνα 3.9: Διάστρωση ασφαλτικής επίστρωσης

Εικόνα 3.10: Τόνοι χρησιμοποιούμενων RAP στις ΗΠΑ κατά τα έτη 2009-2013

Εικόνα 4.1: Τοποθέτηση προκατασκευασμένου πάνελ από σκυρόδεμα

Εικόνα 4.2: Τοποθέτηση οδοστρώματος Roller – Compacted Concrete

Εικόνα 4.3: Καινοτομία «Glowing Lines»

Εικόνα 4.4: Καινοτομία «Dynamic Paint»

Εικόνα 4.5: Αυτοθεραπευτική άσφαλτος

Εικόνα 4.6: Διαδικασία παραγωγής ασφαλτομίγματος με ανακυκλωμένα ελαστικά

Εικόνα 4.7: Εκμετάλλευση ηλιακής ενέργειας από το οδόστρωμα

Εικόνα 4.8: Ηλιακός συλλέκτης στην ασφαλτική στρώση

Εικόνα 5.1: Σήμανση Ζώνης Προειδοποίησης σε περιοχή οδικών έργων

Εικόνα 5.2: Σήμανση Ζώνης Συναρμογής Εισόδου σε περιοχή οδικών έργων

Εικόνα 5.3: Σήμανση Ζώνης Αποκατάστασης Κυκλοφορίας σε περιοχή οδικών έργων

Εικόνα 5.4: «Μάτια γάτας»

Εικόνα 5.5: «Φτερό καρχαρία»

Εικόνα 5.6: Σήμανση K-21

Εικόνα 5.7: Πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων (VMS)

Εικόνα 5.8: Κινητή μονάδα σήμανσης

Εικόνα 5.9: Πινακίδες P-52α & P-52δ

Εικόνα 5.10: Φανός κινδύνου

Εικόνα 5.11: Φορητά στηθαία ασφαλείας από πλαστικό

Εικόνα 5.12: Ταινίες ακουστικής προειδοποίησης

Εικόνα 6.1 :Κατασκευαστικοί παράγοντες οδού και οδική ασφάλεια

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1: Ευρωπαϊκά πρότυπα αδρανών ανάλογα με τη χρήση τους

Πίνακας 2.1: Κατηγοριοποίηση φθορών εύκαμπτων οδοστρωμάτων ανάλογα με την προέλευση

Πίνακας 2.2: Κατηγοριοποίηση φθορών εύκαμπτων οδοστρωμάτων ανάλογα με την γεωμετρία τους

Πίνακας 2.3: Κατηγοριοποίηση φθορών δύσκαμπτων οδοστρωμάτων

Πίνακας 3.1: Δραστηριότητες συντήρησης

Πίνακας 3.2: Εφαρμογή επιφανειακών εργασιών σε ασφαλτικά οδοστρώματα και οδοστρώματα σκυροδέματος

Πίνακας 5.1: Ελάχιστες απαιτήσεις γεωμετρικών χαρακτηριστικών εργοταξιακής περιοχής σε οδούς

Πίνακας 5.2: Τύποι πινακίδων ανά ζώνη στην περιοχή του εργοταξίου στην οδό

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το οδικό δίκτυο αποτελεί αναπόσπαστο μέρος των καθημερινών μετακινήσεων και ταυτόχρονα είναι μια υποδομή με κόστος τόσο κατασκευαστικό όσο και περιβαλλοντικό, η οποία αρχίζει να επιδεινώνεται αμέσως μετά την κατασκευή ή κατά την διάρκεια συντήρησης της, εξαιτίας των φορτίων κυκλοφορίας που δέχεται, των περιβαλλοντικών συνθηκών και ενδεχόμενων αστοχιών. Για όλους αυτούς τους λόγους η ανάγκη της επιλογής της βέλτιστης τεχνικά μεθόδου συντήρησης και κατασκευής είναι επιτακτική.

Μετά την κατανόηση της δομής και των συστατικών του οδοστρώματος, αναφέρονται οι φθορές και τα αίτιά τους, καθώς και οι αστοχίες που εμφανίζονται σε αυτά. Στη συνέχεια, περιγράφονται οι μέθοδοι συντήρησης, αλλά και η χρήση καινοτόμων υλικών και μεθόδων στην κατασκευή και τη συντήρηση των οδοστρωμάτων.

Δεν υπάρχει ορθή επέμβαση συντήρησης που να γενικεύεται σε όλα τα ομοειδή προβλήματα, καθώς κάθε περίπτωση έχει διαφορετικές συνθήκες και απαιτήσεις, με αποτέλεσμα η κατάλληλη επιλογή τόσο του τύπου του οδοστρώματος όσο και της μεθόδου συντήρησής του να ποικίλει.

Επιπλέον, η συνεχής έρευνα η οποία διεξάγεται για την ανάπτυξη νέων υλικών και τεχνικών που έχουν ως στόχο την μεγαλύτερη αντοχή σε φθορές, τον περιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και την μέγιστη οικονομική απόδοση, έχει ως αποτέλεσμα την ταχεία ανάπτυξη της χρήσης των ανακυκλωμένων υλικών στα ασφαλτομίγματα, τα οποία μπορεί να προέρχονται είτε από υφιστάμενα κατεστραμμένα οδοστρώματα είτε από απορρίμματα άλλων ειδών, όπως είναι τα φθαρμένα ελαστικά, το γυαλί, η ιπτάμενη τέφρα, κ.ά.

Κλείνοντας, αξίζει να αναφερθεί η σημασία της οδικής ασφάλειας κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των έργων συντήρησης των οδοστρωμάτων, καθώς και τα μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται σύμφωνα με την εθνική νομοθεσία.



ABSTRACT

The road network is an integral part of daily commuting and on the same time it is a costly infrastructure which also has a negative effect on the environment. Soon after its completion, it starts to deteriorate or during maintenance, due to the heavy loads, environmental conditions or possible structural failures. For these reasons, choosing the correct construction and maintenance method is imperative.

Once we comprehend the structure and the components of the road network, reports are made regarding the wear and its causes. In addition, we describe the maintenance methods and also the use of innovative materials and methods of construction and maintaining road networks.

There are not any suitable maintenance procedures which can be executed in similar problems, as every case differs due to individual conditions and needs. The suitable choice for both the type of road surface and maintenance method varies.

Moreover, the ongoing research which is conducted for the development of new materials and techniques, aims to improve the resistance of deterioration, reduction of environmental consequences and maximization of the performance. This has led to the rapid development and use of recyclable materials which are incorporated in asphalt mixture, which may come from preexisting destroyed road networks or from various waste materials such as used vehicle tyres, glass, pulverized fuel ash and other materials.

Finally, the importance of road safety during the construction and maintenance procedures is worth mentioning, as are the safety precautions which must be followed based on the national legislation.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Ιστορική αναδρομή οδοστρώματος

Η εξέλιξη της οδοποιίας, είναι στενά συνδεδεμένη με την ιστορική εξέλιξη της ανθρωπότητας. Τη σημερινή της μορφή (διάσταση) άρχισε να την παίρνει, όταν για το σχεδιασμό και την κατασκευή των οδικών υποδομών έγινε αναγκαίες οι μετακινήσεις και η ανθρώπινη εργασία. Μέχρι τότε οι άνθρωποι στις μετακινήσεις τους ακολουθούσαν την ροή των ποταμών ή άλλων φυσικών διαβάσεων.

Οι πρώτες ενδείξεις σχεδιασμού και κατασκευής οδικών έργων είναι οι λιθόστρωτοι δρόμοι που κατασκευάστηκαν στη Μεσοποταμία. Ακολουθούν οι λιθόστρωτοι δρόμοι στην Ινδία περί το 3000 π.Χ. και οι λιθόστρωτοι δρόμοι της Μινωικής Εποχής στην Κρήτη. Αξιόλογα οδικά έργα έχουν επίσης να επιδείξουν η Αρχαία Αίγυπτος, η Περσία, η Βαβυλώνα, οι Σουμέριοι κ.λ.π.

Έμφαση στην οδοποιία δόθηκε και στη μετέπειτα εποχή της Αρχαίας Ελλάδας και ιδιαίτερα στην αστική οδοποιία, όπου τέθηκαν οι βάσεις ενός πραγματικού οδικού σχεδιασμού. Έτσι από την περίοδο αυτή, η αστική οδός δεν είναι πλέον μια τυχαία χάραξη, δηλαδή ένα τυχαίο μονοπάτι που ακολουθεί το έδαφος, αλλά αρχίζει να αποτελεί ένα έργο γεωμετρικά σχεδιασμένο και προσαρμοσμένο στις απαιτήσεις της πόλης (οικισμού), στα πλαίσια ενός οργανωμένου οδικού δικτύου. Έτσι λοιπόν, στα πλαίσια αυτής της εξέλιξης, η οδός δεν ακολουθεί πλέον το έδαφος, όπως γινόταν μέχρι τότε, αλλά σχεδιάζεται και υλοποιείται με βάση τον πολεοδομικό σχεδιασμό, επιτακτική αρχή και της σημερινής αστικής οδοποιίας.

Επίσης ιδιαίτερη συμβολή στην οδοποιία της Αρχαίας Ελλάδας ήταν η παρέμβαση του Μ. Αλεξάνδρου, ο οποίος, πέραν των άλλων, παρέλαβε και το οδικό δίκτυο των Περσών και των υπολοίπων λαών που κατέκτησε και απάρτισαν τη μεγάλη αυτοκρατορία του. Τα έργα αυτά δεν είχαν μόνο στρατιωτική σημασία, αλλά συνέβαλλαν σημαντικά και στην ανάπτυξη του εμπορίου. Οι οδοί του μεταξιού που ένωναν τη Μεσόγειο με την Κίνα είχαν ως βάση τα έργα αυτά.

Η τεχνική που εφαρμόσθηκε στην αρχική αυτή φάση της οδοποιίας και η οποία έθεσε τις βάσεις για την περαιτέρω εξέλιξή της είναι άξια θαυμασμού. Κύριο γνώρισμα της τεχνικής αυτής, η οποία αποτελεί και τον πυρήνα κατασκευής των σημερινών (σύγχρονων) οδικών έργων, είναι ότι οι οδικές κατασκευές αποτελούνται από περισσότερες στρώσεις. Η κατασκευή αυτή αποδείχθηκε αναγκαία για την ανθεκτικότητα των οδών, τόσο στις αρνητικές επιδράσεις των καιρικών φαινομένων (βροχοπτώσεις, παγετός κ.λπ.), όσο και των αξονικών φορτίων, τα οποία βέβαια όσο μικρά και εάν ήταν -σε σχέση με τα σημερινά-, δημιουργούσαν προβλήματα σε μια οδό με μειωμένη ικανότητα έδρασης, λόγω της κακής αποστράγγισης.

Επιπλέον επίτευγμα της εποχής αυτής αποτελεί και η αναγνώριση των πλεονεκτημάτων που προσφέρουν οι τροχιές στις μεταφορές και η τοποθέτησή (σκάλισή) τους στο οδόστρωμα, όπου κινούνταν οι τροχοί των ιππήλατων και λοιπών ζώηλατων οχημάτων. Η τεχνική αυτή, δηλαδή αυτός ο τρόπος μεταφοράς, εφαρμοζόταν, ιδιαίτερα στην αστική οδοποιία, μέχρι τα τέλη περίπου του 19ου αιώνα, όπου αντικαταστάθηκε από το σιδηρόδρομο και το αυτοκίνητο. Ευρήματα τέτοιων αρχαίων οδικών έργων υπάρχουν τόσο στη Μάλτα (2000 π.Χ) όσο και στη χώρα μας (Αρχαία Ελλάδα) λίγο αργότερα.

Σημείο κορυφής στην εξέλιξη της οδοποιίας αποτέλεσε και η ρωμαϊκή εποχή. Το οδικό δίκτυο των Ρωμαίων εκτεινόταν από τη Βόρεια Θάλασσα μέχρι τη Σαχάρα και από τον Ατλαντικό μέχρι τη Μεσοποταμία. Λόγω της άρτιας κατασκευής του, το δίκτυο αυτό παρέμεινε σε λειτουργία για πολλούς αιώνες και μετά την κατάρρευση της ρωμαϊκής αυτοκρατορίας. Κέντρο αναφοράς αυτού του οδικού δικτύου ήταν βέβαια η Ρώμη. Το παραπάνω οδικό δίκτυο ήταν ιεραρχημένο και η ποιότητα κατασκευής των επιμέρους τμημάτων του είχε άμεση σχέση με αυτή την ιεράρχηση. Αποτελούνταν από το πρωτεύον λιθόστρωτο τμήμα, από το δευτερεύον χαλικόστρωτο τμήμα και από ξυλόστρωτα τμήματα. Το πρωτεύον δίκτυο (λιθόστρωτο τμήμα) ανέρχονταν σε 90.000 km και το δευτερεύον (χαλικόστρωτο τμήμα) σε 300.000 km. Σε δύσκολα τμήματα οι στρώσεις του οδοστρώματος έφταναν και τις έξι. Η αποστράγγιση της οδού γινόταν, με τη βοήθεια της εγκάρσιας κλίσης (επίκλισης), η οποία ήταν αμφικλινής και ανέρχονταν στο 6%, τιμή που ισχύει και σήμερα για μη ασφαλτοστρωμένα οδοστρώματα, και των

πλευρικών τάφρων (αύλακες). Η τεχνική αυτή, η οποία, όπως είδαμε, ήταν γνωστή και στην Αρχαία Ελλάδα, αποτελεί τη βάση και της σημερινής οδοποιίας.

Το παραπάνω οδικό δίκτυο, το οποίο ήταν και το πρώτο υπεραστικό οργανωμένο οδικό δίκτυο (σύστημα) είχε την ανάλογη πληροφοριακή σήμανση, στις απαιτήσεις βέβαια της εποχής εκείνης, ήταν χιλιομετρμένο και συντηρούταν συστηματικά.

Κύριο γνώρισμά του, όσον αφορά το γεωμετρικό σχεδιασμό, ήταν οι μεγάλες ευθυγραμμίες, οι οποίες καθιερώθηκαν στην ορολογία της οδοποιίας ως «Ρωμαϊκές Ευθυγραμμίες». Οι Ρωμαίοι προτιμούσαν τα μεγάλα ευθύγραμμα τμήματα τόσο για λόγους ασφάλειας όσο και για να μειώσουν τις αποστάσεις. Οι αλλαγές κατεύθυνσης (πορείας) είχαν ως κύρια επιδίωξη την καλύτερη προσαρμογή του οδικού έργου στο έδαφος. Οι μέγιστες κατά μήκος κλίσεις ανέρχονταν στο 10%, και οι οποίες ήταν συχνό φαινόμενο. Οι τιμές αυτές της κατά μήκους κλίσης ισχύουν και σήμερα, για ταχύτητα μελέτης μικρότερη ή ίση των 60 χιλιομέτρων ανά ώρα.

Με την εμφάνιση του σιδηροδρόμου κατά το 18ο αιώνα και λίγο αργότερα του αυτοκινήτου αρχίζει μια νέα εποχή για την οδοποιία και ιδιαίτερα για το Γεωμετρικό Σχεδιασμό.

Το 1924 κατασκευάζεται στην Ιταλία ο πρώτος ευρωπαϊκός αυτοκινητόδρομος, είχε μήκος 130 km και πλάτος 10 m. Μέχρι το 1935 κατασκευάστηκαν άλλα 500 km τέτοιου αυτοκινητόδρομου.

Ανακεφαλαιώνοντας, λοιπόν, μπορούμε να πούμε ότι η Οδοποιία άρχισε να διαμορφώνεται ως γνωστικό αντικείμενο, όταν έγινε αναγκαία η ανθρώπινη σκέψη και η ανθρώπινη εργασία για την κάλυψη της ζήτησης των μετακινήσεων, διότι οι υπάρχουσες φυσικές διαβάσεις δεν ικανοποιούσαν πλέον αυτές τις ανάγκες.

Άξιο θαυμασμού και που πρέπει να τονίσουμε είναι ότι, ο κεντρικός πυρήνας της κατασκευής αυτών των πρώτων οδικών έργων (4000 π.Χ.) είναι η πολυστρωματική κατασκευή.

Η μέθοδος αυτή αποτελεί τη θεμελιώδη αρχή όλων των οδικών και λοιπών συναφών έργων μέχρι και σήμερα. Δηλαδή, με άλλα λόγια, οι τεχνικοί της αρχικής αυτής φάσης της

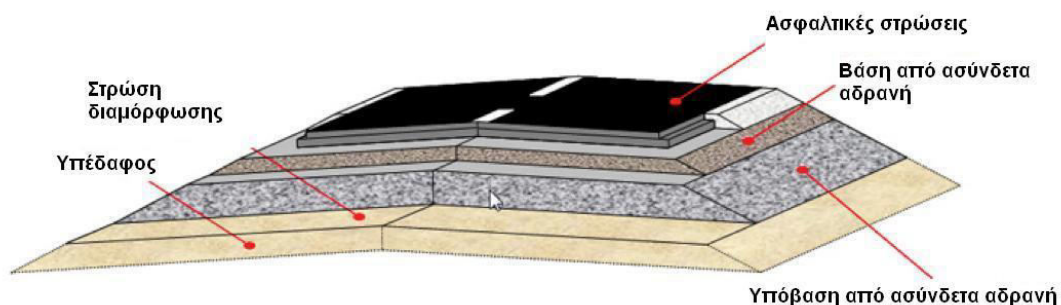
Οδοποιίας κατανόησαν, ότι οι αρνητικές επιδράσεις των καιρικών φαινομένων και των φορτίων π.χ. αξονικών φορτίων σε ένα οδικό έργο μπορούν να αντιμετωπισθούν αποτελεσματικά μόνο με την πολυστρωματική κατασκευή.

Ο γεωμετρικός σχεδιασμός, λόγω των μικρών ταχυτήτων των ιππήλατων και λοιπών ζωήλατων αμαξών, δεν είχε ιδιαίτερες απαιτήσεις. Με την εμφάνιση όμως του αυτοκινήτου και τη ραγδαία του εξέλιξη και εξάπλωση αναγκάζεται να προσαρμοστεί (αναβαθμιστεί) και ιδιαίτερα μετά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο για να καλύψει τις νέες αξιώσεις της Οδοποιίας, της οποίας κύριος στόχος συνεχίζει να είναι η επαρκής κάλυψη της ζήτησης για ποιοτικές οδικές υποδομές, όπου η ασφάλεια των χρηστών έχει τον πρώτο λόγο.

1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

1.1. Δομή οδοστρώματος

Οδόστρωμα ονομάζεται το τμήμα της υποδομής της οδού, το οποίο κατασκευάζεται για να χρησιμοποιηθεί από τα οχήματα κυκλοφορίας και να διανέμει τα φορτία κυκλοφορίας πριν φτάσουν στο έδαφος. Μια τυπική διατομή οδοστρώματος, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 1.1 που ακολουθεί, ξεκινώντας από τις κατώτερες στρώσεις, αποτελείται από το υπέδαφος και την διαμορφωμένη του στρώση, την στρώση υπόβασης, βάσης και τις ασφαλτικές στρώσεις. (ΕΑΡΑ, 2010)



Εικόνα 1.1: Διατομή τυπικού οδοστρώματος

(Πηγή: ΕΑΡΑ 2010)

- **Υπέδαφος**

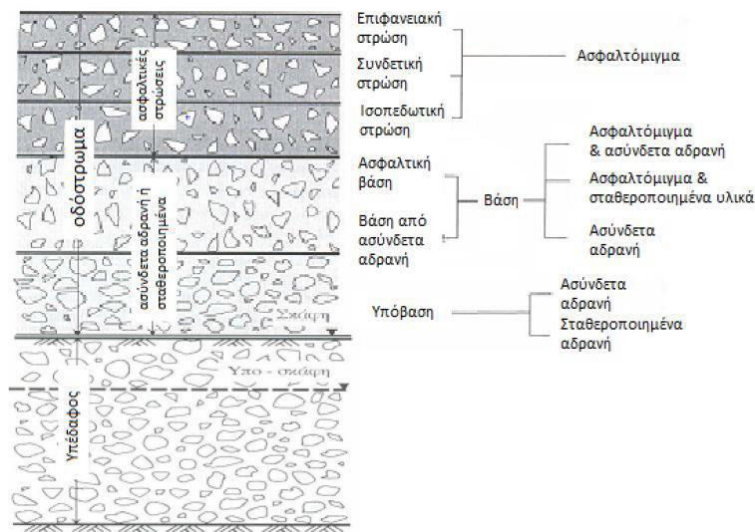
Τα χαρακτηριστικά και η κατάσταση του υπεδάφους καθορίζουν την ποιότητα και την διάρκεια ζωής του οδοστρώματος. Γι' αυτό, πριν τον σχεδιασμό ενός οδοστρώματος είναι απαραίτητη η γεωλογική έρευνα, ο εργαστηριακός έλεγχος και η μελέτη του εδάφους ώστε να αναγνωριστούν τα χαρακτηριστικά και η κατάστασή του. Από τα συμπεράσματα αυτά λαμβάνεται η απόφαση του βέλτιστου σχεδιασμού, δηλαδή του τρόπου δημιουργίας της στρώσης διαμόρφωσης του φυσικού εδάφους έδρασης του οδοστρώματος. Σε κάποιες περιπτώσεις που το έδαφος δεν έχει τα κατάλληλα χαρακτηριστικά, ενδείκνυται η χρησιμοποίηση πρόσθετων υλικών, τα οποία μετά από ιδιαίτερη επεξεργασία το βελτιώνουν και το σταθεροποιούν. (ΕΡΑΡ, 2010)

- **Υπόβαση**

Οι στρώσεις που κατασκευάζονται πάνω από τη διαμορφωμένη στρώση του υπεδάφους ονομάζονται στρώσεις υπόβασης. Σε αυτές χρησιμοποιούνται θραυστά υλικά ικανοποιητικής αντοχής, τα χαρακτηριστικά των οποίων δεν είναι απαραίτητο να έχουν τόσο υψηλές απαιτήσεις όσο τα υλικά των βάσεων. Σκοπός των στρώσεων υπόβασης είναι η κατασκευή ενός οδοστρώματος διατομής μεγάλου πάχους με σχετικά χαμηλό κόστος, καθώς επίσης και η διανομή των φορτίων κυκλοφορίας που λαμβάνει από την υπερκείμενη στρώση βάσης πριν μεταβιβαστούν στο έδαφος. (ΕΡΑΡ, 2010)

- **Βάση**

Οι στρώσεις βάσεις κατασκευάζονται, όπως φαίνεται και στο σχήμα 1.2, μεταξύ των στρώσεων υπόβασης και των ασφαλτικών στρώσεων. Όπως και στις στρώσεις υπόβασης, για την κατασκευή τους χρησιμοποιούνται θραυστά αμμοχάλικα, μικρότερης κοκκομετρικής διαβάθμισης και υψηλότερων απαιτήσεων ποιότητας, προκειμένου να αντέχουν στις μεγαλύτερες καταπονήσεις, να διανέμουν αποτελεσματικά και να μεταβιβάζουν τα κυκλοφοριακά και περιβαλλοντικά φορτία με τέτοιο τρόπο ώστε οι υποκείμενες ασυμπύκνωτες στρώσεις να μην εκτίθενται σε υπερβολικές καταπονήσεις και πιέσεις. Αυτό συχνά συνεπάγεται τη συγκριτικά υψηλή ακαμψία των στρώσεων βάσης. Επίσης, οι στρώσεις βάσης θα πρέπει να έχουν επαρκή αντοχή σε κόπωση. (ΕΡΑΡ, 2010)



Εικόνα 1.2: Επιμέρους στρώσεις διατομής τυπικού οδοστρώματος

(Πηγή: Λεβέντης, 2011)

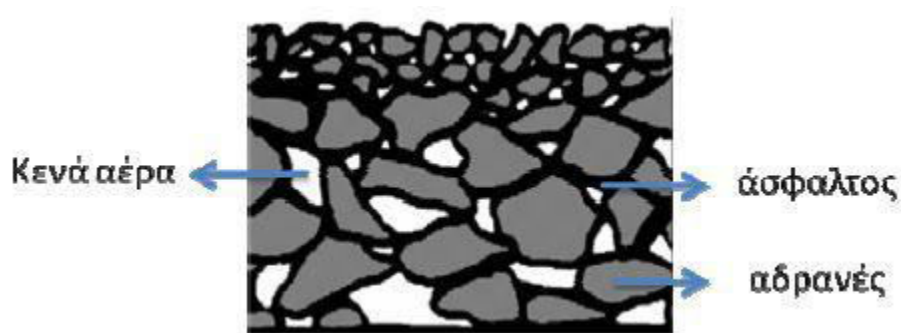
• Ασφαλτικές στρώσεις

Στις ασφαλτικές στρώσεις ενός οδοστρώματος περιλαμβάνονται, γενικά, η ασφαλτική βάση (base course), η ισοπεδωτική στρώση, η συνδετική στρώση (binder course) και η επιφανειακή στρώση (surface course), η οποία απαιτείται να είναι αντιολισθηρή σύμφωνα με τις ισχύουσες προδιαγραφές των έργων οδοστρωσίας (Εικόνα 1.2). (ΕΑΡΑ, 2010, Λεβέντης, 2011)

Η ασφαλτική στρώση αποτελεί το ανώτερο στρώμα του οδοστρώματος και πρέπει να αντέχει στον υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο – και περιβαλλοντικό – που προκαλείται από τις τάσεις. Επίσης δεν πρέπει να εμφανίζει ρηγματώσεις και αυλακώσεις, προκειμένου να παρέχει άνεση στον χρήστη και συγχρόνως να εξασφαλίζει επαρκή αντίσταση έναντι ολίσθησης. Ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά, όπως η αντίσταση σε ολίσθηση, η μείωση του θορύβου και η ανθεκτικότητα (durability), καθορίζονται οι απαιτήσεις για τις ασφαλτικές στρώσεις. Σε μερικές περιπτώσεις, η ταχεία αποστράγγιση των επιφανειακών υδάτων είναι επιθυμητή, ενώ σε άλλες περιπτώσεις, η επιφανειακή στρώση (wearing course) πρέπει να είναι αδιαπέραστη, προκειμένου να κρατήσει το νερό έξω από τη δομή του οδοστρώματος. Ένα ευρύ

φάσμα προϊόντων επιφανειακών στρώσεων (ασφαλτικών στρώσεων) μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανάλογα με τις συγκεκριμένες απαιτήσεις κάθε περίπτωσης. (ΕΑΡΑ, 2010)

Συνεπώς, ανάλογα με την στρώση για την οποία προορίζεται, τις ιδιότητες και απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιεί, κάθε ασφαλτόμιγμα διαθέτει διαφορετική σύνθεση. Τα βασικά συστατικά του μέρη, ωστόσο, είναι η άσφαλτος και τα αδρανή υλικά, μεταξύ των οποίων δημιουργούνται και κενά αέρα (Εικόνα 1.3). Προκειμένου να συνδεθούν τα αδρανή σε ένα συνεκτικό μίγμα χρησιμοποιείται ως συνδετικό υλικό η άσφαλτος. (Λεβέντης, 2011)



Εικόνα 1.3: Βασικά συστατικά ασφαλτομίγματος

(Πηγή: Λεβέντης, 2011)

1.2. Άσφαλτος

1.2.1. Ιδιότητες

Η άσφαλτος είναι ένα σκουρόχρωμο, στερεό υλικό που προέρχεται από το αργό πετρέλαιο και είναι είτε φυσική, όταν παράγεται με φυσικό τρόπο κάτω από την επίδραση βακτηριδίων, είτε τεχνητή, όταν παράγεται μέσω κλασματικής απόσταξης. Διαχωρίζεται σε δύο γενικές κατηγορίες σύμφωνα με τη χρήση της: στις ασφάλτους οδοστρωσίας και στις ασφάλτους για βιομηχανική χρήση, όπου οι δεύτερες προέρχονται από τις πρώτες μετά από περαιτέρω οξείδωση. (Νικολαΐδης, 2002)

Άρα, οι ασφαλτοι οδοστρωσίας αποτελούν συνθετικό υλικό των ασφαλτομιγμάτων.

1.3. Αδρανή

Το δεύτερο κύριο συστατικό των ασφαλτομιγμάτων είναι τα αδρανή. Τα αδρανή μπορεί να είναι είτε φυσικά – συλλεκτά από φυσικές αποθέσεις είτε θραυστά λατομείου και πρέπει να ικανοποιούν συγκεκριμένες απαιτήσεις, οι οποίες τα καθιστούν κατάλληλα για τη χρήση είτε ως συστατικά της ασφαλτικής στρώσης είτε και ως συστατικά των στρώσεων βάσης και υπόβασης. Τα χαρακτηριστικά τα οποία πρέπει να πληρούν είναι:

- η κοκκομετρική τους διαβάθμιση, η οποία καθορίζεται με τη μελέτη σύνθεσης και πρέπει να αποτελείται από αρκετές διαφορετικές διαβαθμίσεις μεγέθους,
- το σχήμα των κόκκων πρέπει να είναι κυβικό γωνιώδες και όχι στρογγυλεμένο, με αμελητέο ποσοστό πεπλατυσμένων κόκκων,
- η επιφανειακή τους υφή πρέπει να είναι τραχεία και όχι λειασμένη,
- η πλήρης απουσία επιβλαβών αργιλικών και οργανικών προσμίξεων,
- τα τεμάχια πρέπει να είναι απαλλαγμένα από σαθρά και εύθρυπτα μέρη,
- η απορροφητικότητα του πετρώματος πρέπει να είναι μικρή, και αυτό εξασφαλίζεται με το μικρό πορώδες του υλικού,
- και τέλος, η χημική συγγένεια του πετρώματος με το ασφαλτικό συνδετικό υλικό θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να παρουσιάζεται αυξημένη αντίσταση στην αφαίρεση της ασφαλτικής μεμβράνης. (Δερζέκος et al.)

Τα ευρωπαϊκά πρότυπα που αναφέρονται στα χαρακτηριστικά των αδρανών, σύμφωνα με τη χρήση τους φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 1.1).

Πίνακας 1.1: Ευρωπαϊκά πρότυπα αδρανών ανάλογα με τη χρήση τους

Ευρωπαϊκό Πρότυπο	Χρήση αδρανών
ΕΛΟΤ EN 12620	Αδρανή για σκυρόδεμα

ΕΛΟΤ EN 13043	Αδρανή για ασφαλτομίγματα οδοστρωμάτων
ΕΛΟΤ EN 13450	Αδρανή για έρματα σιδηροδρόμων
ΕΛΟΤ EN 132542	Αδρανή οδοποιίας και τεχνικών έργων(ασύνδετα ή σταθεροποιημένα)
ΕΛΟΤ EN 13139	Αδρανή κονιαμάτων
ΕΛΟΤ EN 13383-1	Ογκόλιθοι
ΕΛΟΤ EN 13055-1	Ελαφρά αδρανή για σκυροδέματα, κονιάματα και ενέματα
ΕΛΟΤ EN 13055-2	Ελαφρά αδρανή ασφαλτομιγμάτων, επιφανειακών επιστρώσεων και εφαρμογών με σταθεροποιημένα ή μη σταθεροποιημένα υλικά

(Πηγή: Πάνου, 2009)

Οπότε τα αδρανή υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα ασφαλτικά μίγματα είναι τα εξής: σπασμένος βράχος, άμμος, χαλίκι ή σκωρίες.

1.4. Ασφαλτομίγματα

Για την καλύτερη απόδοση σε διαφορετικές εφαρμογές έχει δημιουργηθεί μια μεγάλη ποικιλία μιγμάτων ασφάλτου. Εξαιτίας των διαφορετικών απαιτήσεων (ποσοστό κυκλοφορίας, ποσοστό βαρέων οχημάτων, θερμοκρασία, καιρικές συνθήκες, απαιτήσεις μείωσης θορύβου, κλπ) η αντίστοιχη σύνθεση που χρησιμοποιείται πρέπει να έχει μια επαρκή ακαμψία και αντίσταση στην παραμόρφωση, ώστε να αντιμετωπίζει την εφαρμοζόμενη πίεση από τους τροχούς των οχημάτων από τη μία πλευρά, ενώ από την άλλη πλευρά πρέπει να έχει επαρκή αντοχή στην κάμψη για να αντιστέκεται στον σχηματισμό των ρωγμών που προκαλούνται από τις διάφορες πιέσεις που του ασκούνται. Επιπλέον, η καλή εργασιμότητα κατά την εφαρμογή είναι απαραίτητη προκειμένου να εξασφαλισθεί ότι μπορούν να συμπυκνωθούν πλήρως, ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη αντοχή. (ΕΑΡΑ, 2010)

1.4.1. Κατηγορίες ασφαλτομιγμάτων

Τα ασφατικά μίγματα μπορούν να παραχθούν σε διαφορετικές θερμοκρασίες και κατατάσσονται σύμφωνα με το κριτήριο της θερμοκρασίας παραγωγής τους σε τρεις κατηγορίες: τα θερμά, τα ζεστά και τα κρύα μίγματα.

- **Θερμό μίγμα ασφάλτου (Hot Mix Asphalt, HMA)**

Τα θερμά μίγματα ασφάλτου παράγονται σε θερμοκρασίες μεταξύ 150 και 180ο C. Ανάλογα με τη χρήση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί διαφορετικό μίγμα ασφάλτου. Οι τύποι των επιφανειακών στρώσεων θερμού ασφαλτομίγματος είναι (ΕΡΑΡ, 2010):

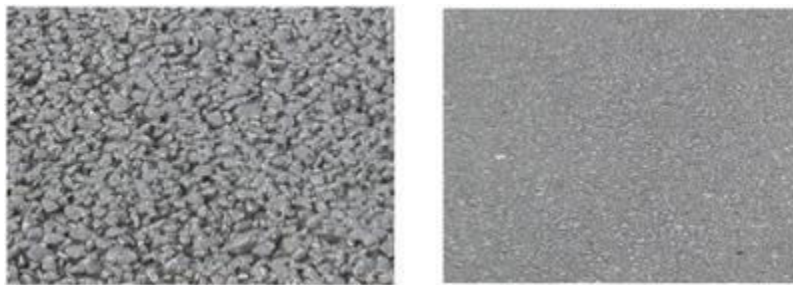
- Ασφατικό σκυρόδεμα (Asphalt Concrete, AC)
- Λεπτή στρώση ασφαλτικού σκυροδέματος (Béton Bitumineux Mince, Thin Layer Asphalt Concrete, AC-TL, BBTM)
- Ασφατικό σκυρόδεμα πολύ λεπτών στρώσεων (Asphalt Concrete Very Thin Layers, AC-VTL)
- Ασφατικό σκυρόδεμα εξαιρετικά λεπτών στρώσεων (Asphalt Concrete Ultra Thin Layer, AC-UTL)
- Stone Mastic Asphalt (SMA)
- Θερμό κυλινδρούμενο ασφαλτόμιγμα (Hot Rolled Asphalt, HRA)
- Πορώδες ασφαλτόμιγμα (Porous Asphalt, PA)
- Πορώδες ασφαλτόμειγμα διπλής στρώσης (Double layered Porous Asphalt, 2L PA)
- Mastic Asphalt (MA)
- Μαλακή άσφαλτος (SoftAsphalt, SA)



Εικόνα 1.4: Πορώδες ασφαλτόμιγμα διπλής στρώσης (2LPA)

(Πηγή: ΕΑΡΑ, 2010)

Η επιλογή της επιφανειακής στρώσης εξαρτάται από τις λειτουργικές απαιτήσεις της επιφάνειας του οδοστρώματος. Αυτές θα μπορούν να είναι η υψηλή ανθεκτικότητα, η μείωση του θορύβου, η μεγάλη αντοχή σε ολίσθηση, η στεγανότητα, κλπ. (ΕΑΡΑ, 2010).



Εικόνα 1.5: Επιφανειακή υφή της πορώδους ασφάλτου (αριστερά) σε σύγκριση με το ασφαλτικό σκυρόδεμα (δεξιά)

(Πηγή: ΕΑΡΑ, 2010)

- **Ζεστό μίγμα ασφάλτου (Warm Mix Asphalt, WMA)**

Ένα τυπικό ζεστό μίγμα ασφάλτου παράγεται σε θερμοκρασία περίπου 20 – 40^ο C χαμηλότερη από ένα ισοδύναμο θερμό μίγμα ασφάλτου. Έτσι, καταναλώνεται λιγότερη ενέργεια τόσο κατά τη διάρκεια παραγωγής όσο και κατά τη διάρκεια των εργασιών οδοστρωσίας. Επιπλέον, η θερμοκρασία του μίγματος κατά την οδοστρωσία είναι

χαμηλότερη, με αποτέλεσμα την βελτίωση των συνθηκών εργασίας για τους εργαζόμενους και την ταχύτερη παράδοση του δρόμου προς χρήση. (ΕΑΡΑ, 2010)

- **Ψυχρό μίγμα ασφάλτου (Cold Mix Asphalt , CMA)**

Ψυχρά μίγματα παράγονται χωρίς θέρμανση των συστατικών τους σε θερμοκρασίες 15ο C. Αυτό είναι δυνατό μόνο λόγω της χρήσης είτε κάποιου διαλύτη (π.χ. βενζίνη) είτε ενός ειδικού ασφαλτικού γαλακτώματος (χωρίς πτητικές οργανικές ενώσεις συνδυασμένες με νερό), το οποίο διασπάται είτε κατά τη διάρκεια της συμπίεσης είτε κατά την ανάμιξη. Μετά τη διάσπαση, το σύνολο των στρώσεων των γαλακτωμάτων σε βάθος χρόνου αυξάνει τις δυνάμεις του (ΕΑΡΑ, 2010).

Τα ψυχρά μίγματα συνιστώνται ιδιαίτερα για οδούς ελαφριάς κυκλοφορίας (ΕΑΡΑ, 2010). Εφαρμόζονται, κυρίως, στη συντήρηση και αποκατάσταση, όπως για παράδειγμα σε πληρώσεις κενών και σφραγίσεις οδοστρωμάτων, καθώς και στην ανακύκλωση του ασφαλτικού οδοστρώματος εν ψυχρώ, ενώ καλό είναι να μην χρησιμοποιείται όταν μία οδός πρέπει να δοθεί άμεσα σε κυκλοφορία, λόγω του ότι σκληραίνει με αργούς ρυθμούς, παρά τη μεγαλύτερη ευκαμψία του μίγματος και τον περιορισμό εμφάνισης ρωγμών.



Εικόνα 1.6: Στρώση κρύου ασφαλτικού μίγματος

(Πηγή: ΕΑΡΑ, 2010)

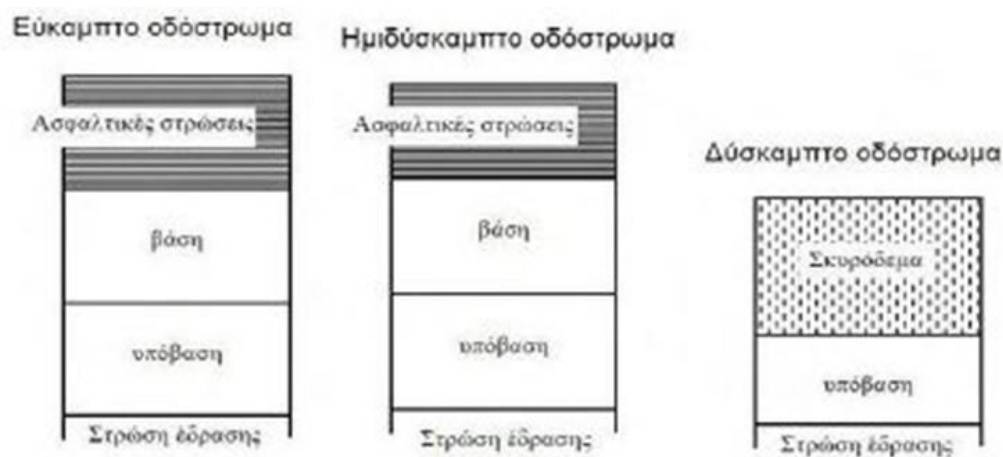
1.5. Είδη στρωμάτων

Τα οδοστρώματα κατατάσσονται σε κατηγορίες ανάλογα το χαρακτηριστικό που προσεγγίζεται και μελετάται κάθε φορά. Ως προς τα υλικά και τον τρόπο κατασκευής τους διακρίνονται σε (Παναγοπούλου, 2011) :

- οδοστρώματα με απλή σταθεροποίηση του εδάφους
- λιθόστρωτα
- κυκλοφοριόπηκτα
- σκυρωτά
- οδοστρώματα από σκυρόδεμα
- ασφαλτικά οδοστρώματα

Ως προς την ελαστικότητά τους διακρίνονται σε (Παναγοπούλου, 2011) :

- εύκαμπτα
- ημιδύσκαμπτα
- δύσκαμπτα



Εικόνα 1.7: Ταξινόμηση οδοστρωμάτων ανάλογα με την ελαστικότητά τους

(Πηγή: Παναγοπούλου, 2011)

Στα εύκαμπτα οδοστρώματα περιλαμβάνονται τα οδοστρώματα με απλή σταθεροποίηση του εδάφους, τα κυκλοφοριόπηκτα, τα σκυρωτά και τα ασφαλτικά. Η στρώση βάσης των ανωτέρω οδοστρωμάτων αποτελείται, συνήθως, από καλώς διαβαθμισμένο θραυστό αμμοχάλικο και κατασκευάζεται με πάχος από 10 – 30 cm. Αντίστοιχα, η υπόβαση κατασκευάζεται από καλώς διαβαθμισμένο αμμοχάλικο με πάχος 10 – 30 cm. (Παναγοπούλου, 2011)

Στα ημιδύσκαμπτα οδοστρώματα η «στρώση βάσης συντίθεται από σταθεροποιημένο, κατεργασμένο αμμοχάλικο και έχει πάχος 15 – 35 cm. Αντίστοιχα, σε οδοστρώματα αυτής της κατηγορίας που εξυπηρετούν μεγάλη κυκλοφορία, η στρώση της υπόβασής τους κατασκευάζεται από σταθεροποιημένο, κατεργασμένο αμμοχάλικο με πάχος 15 – 25 cm». (Παναγοπούλου, 2011)

Στα δύσκαμπτα οδοστρώματα περιλαμβάνονται τα λιθόστρωτα και τα οδοστρώματα από σκυρόδεμα (Μακρίδου & Πανιωράς, 2009). Η διατομή των οδοστρωμάτων αυτών, ξεκινώντας από τις υποκείμενες στρώσεις προς την υπερκείμενες, αποτελείται από το έδαφος εδράσεως, μία στρώση βάσης και τη στρώση από σκυρόδεμα. «Όταν ο φορέας των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων παραλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος των τάσεων κυκλοφορίας, η βάση του οδοστρώματος λειτουργεί με σκοπό να αυξήσει τις τριβές της πλάκας κατά τις διαστολές και συστολές της και να εμποδίσει τα τριχοειδή. Γι' αυτούς τους λόγους συνιστάται το υλικό βάσεως να είναι απαλλαγμένο από συνδετική ύλη και να διαστρώνεται σε πάχος 30 cm ανεξάρτητα από το είδος του εδάφους». (Παναγοπούλου, 2011)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. ΦΘΟΡΕΣ ΚΑΙ ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

2.1. Γενικά

Τα οδοστρώματα δεν παραμένουν αναλλοίωτα στον χρόνο. Καθημερινά πολλοί παράγοντες συμβάλλουν στην φθορά και επιδρούν στη συμπεριφορά τους. Πρωταρχικό παράγοντα της συνεχούς καταπόνησής τους αποτελεί ο κυκλοφοριακός φόρτος, καθώς και η ορθότητα της μελέτης διαστασιολόγησής τους, διότι ένα οδόστρωμα που έχει σχεδιαστεί για μικρότερα κυκλοφοριακά φορτία, θα εμφανίσει γρήγορα πολύ έντονες φθορές. Επιπλέον, οι συνθήκες του περιβάλλοντος, χημικής ή φυσικής προέλευσης, επιβαρύνουν τη συμπεριφορά των οδοστρωμάτων. Τέλος, σημαντικά επιδρούν και παράγοντες που σχετίζονται με την κατασκευή τους, όπως η ποιότητα κατασκευής και η καταλληλότητα των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν. Για όλους αυτούς τους λόγους, η κατάσταση των οδοστρωμάτων συνεχώς μεταβάλλεται με φθίνουσα πορεία από την αρχική τους «πρότυπη» κατάσταση.

2.2. Φθορές οδοστρωμάτων

Τα οδοστρώματα, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, ταξινομούνται σε δύο μεγάλες κατηγορίες σύμφωνα με την ελαστικότητά τους (εύκαμπτα και δύσκαμπτα). Επομένως, οι φθορές που αναφέρονται σε αυτά κατηγοριοποιούνται ανάλογα με το είδος του οδοστρώματος, καθώς κάθε κατηγορία παρουσιάζει διαφοροποιήσεις ως προς τις καταπονήσεις που εμφανίζει εξαιτίας των διαφορετικών της χαρακτηριστικών. (Μουρατίδης, 2006)

Οι επιμέρους φθορές των βασικών κατηγοριών μπορούν να ομαδοποιηθούν ανάλογα με την προέλευσή τους (Πίνακας 2.1) και ανάλογα με τη γεωμετρία τους (Πίνακας 2.2) για τα εύκαμπτα οδοστρώματα. Τα δύσκαμπτα οδοστρώματα έχουν περιορισμένο εύρος βλαβών λόγω των χαρακτηριστικών τους και οι φθορές τους μπορούν να κατανεμηθούν συνολικά με έναν τρόπο (Πίνακας 2.3), ο οποίος τείνει προς την κατηγοριοποίηση σύμφωνα με τη γεωμετρία (κυρίως για τις ρηγματώσεις).

Πίνακας 2.1: Κατηγοριοποίηση φθορών εύκαμπτων οδοστρώματων ανάλογα με την προέλευση

Εύκαμπτα Οδοστρώματα	
Είδος φθοράς	Κατηγορία
Ρηγματώσεις	Τύπου αλιγάτορα (alligatorcracks)
	Στα άκρα του οδοστρώματος (edge cracks)
	Μεταξύ των λωρίδων διάστρωσης ή διαπλάτυνσης (lane and widening cracks)
	Από ανάκλαση (reflection cracks)
	Από ολίσθησηταπήτων (slippage cracks)
	Συρρίκνωσης (shrinkage cracks)
	Στην τροχιά των τροχών (wheel path cracks)
	Ελικοειδείς
Παραμορφώσεις	Αυλακώσεις στις τροχιέςτων τροχών (channel or ruts)
	Κυματώσεις- ρυτιδώσεις (corrugations,wave)
	Τοπικές διογκώσεις (local upheaval)
	Τοπικές καθιζήσεις σε τομές οδοστρώματος (utilitycut)
Αποσύνθεση	Αποκόλληση αδρανών(ravelling)
	Λακκούβες (potholes)
	Αποφλοιώσεις (peeling)
	Διάβρωση (stripping)
Λεία επιφάνεια οδοστρώματος	Λείανση ανδρανών –ολισθηρότητα (polished aggregate)
	Ανάδυση ασφάλτου – Εξίδρωση (asphalt bleeding or flushing)

(Πηγή: Νικολαΐδης 2002, Μουρατίδης 2006)

Πίνακας 2.2: Κατηγοριοποίηση φθορών εύκαμπτων οδοστρωμάτων ανάλογα με την γεωμετρία τους

Εύκαμπτα Οδοστρώματα	
Είδος φθοράς	Κατηγορία
Ρηγματώσεις	Τύπου αλιγάτορα (alligator cracks)
	Διαμήκεις (longitudinal cracks)
	Εγκάρσιες (transverse cracks)
	Παραβολικές (slippage cracks)
	Πολυγώνου (block cracks)
Παραμορφώσεις	Αυλακώσεις στις τροχιές των τροχών (channel orruts)
	Κοιλώματα (depressions)
	Διογκώσεις (bumps)
	Επωθήσεις (shoving)
	Κυματώσεις- ρυτιδώσεις (corrugations, wave)
Επιφανειακές αλλοιώσεις	Λακκούβες (potholes)
	Αποφλοιώσεις (peeling)
	Αποκόλληση αδρανών (ravelling)
	Ανάδυση ασφάλτου – Εξίδρωση (asphalt bleeding or flushing)
	Διάβρωση (stripping)

(Πηγή: Νικολαΐδης 2002, Μουρατίδης 2006)

Πίνακας 2.3: Κατηγοριοποίηση φθορών δύσκαμπτων οδοστρωμάτων

Δύσκαμπτα Οδοστρώματα	
Είδος φθοράς	Κατηγορία
Ρηγματώσεις – Αρμοί	Φθορές στους αρμούς
	Γωνιώδεις (γωνιακές) ρωγμές (edge cracks)
	Διαμήκεις ρωγμές (longitudinal cracks)
	Εγκάρσιες ρωγμές (transverse cracks)
	Διαγώνιες ρωγμές (diagonal cracks)
Επιφανειακές αλλοιώσεις	Καθιζήσεις
Αποσύνθεση	Αποκόλληση αδρανών –λεπίδωση (scaling)
	Θρυμματισμός των πλακών (spalling)
	Άντληση (pumping)
Ολισθηρότητα επιφάνειας	Λείανση αδρανών

(Πηγή: Νικολαΐδης 2002, Μουρατίδης 2006)

Ακολούθως οι φθορές αναλύονται έχοντας ομαδοποιηθεί για τα εύκαμπτα οδοστρώματα σύμφωνα με την προέλευσή τους.

2.2.1. Φθορές εύκαμπτων οδοστρωμάτων

2.2.1.1 Ρηγματώσεις (Cracking)

2.2.1.1.1. Ρωγμές τύπου αλιγάτορα

«Οι ρωγμές τύπου αλιγάτορα είναι διακλαδιζόμενες και αλληλοσυνδεόμενες ρωγμές που σχηματίζουν πολυγωνικά κομμάτια (μπλοκ) όμοια με αυτά του δέρματος του αλιγάτορα. Σε ορισμένες περιπτώσεις τα κομμάτια αυτά δίνουν τη εντύπωση ότι είναι σχεδόν έτοιμα να αποκολληθούν» (Νικολαΐδης, 2002). Αρχικά εμφανίζεται μια διαμήκης ρωγμή στη τροχιά των τροχών, η οποία με την επιπλέον καταπόνηση κατά την πάροδο του χρόνου εξελίσσεται στην ανωτέρω μορφή. Οι ρωγμές αυτές εμφανίζονται εξαιτίας του

μεγάλου βέλους κάμψης που αναπτύσσεται στις ασφαλτικές στρώσεις του οδοστρώματος, όταν με τη διαβροχή ή την εποχιακή αύξηση της υγρασίας στις υποκείμενες στρώσεις (υπέδαφος ή/και υπόβαση/βάση) μειώνεται η φέρουσα ικανότητά τους (Νικολαΐδης, 2002). Ακόμη, «η εμφάνισή τους συνδέεται με την υποδιαστασιολόγηση των στρώσεων κυκλοφορίας και οδοστρωσίας, καθώς και με φαινόμενα παγοπληξίας». Όταν το φαινόμενο εμφανίζεται σε εκτεταμένη επιφάνεια, σηματοδοτεί την λήξη του χρόνου ζωής της οδού (Μουρατίδης, 2006).



Εικόνα 2.1: Ρωγμές τύπου αλιγάτορα
(Πηγή: www.prestige-sealcoating.com)

2.2.1.1.2. Ρωγμές στα άκρα του οδοστρώματος (edge cracks)

«Οι ρωγμές αυτές είναι συνήθως επιμήκεις και παρατηρούνται περίπου 30 – 50 cm από τα άκρα του οδοστρώματος με ή χωρίς εγκάρσιες διακλαδώσεις» προς το έρεισμα (Νικολαΐδης, 2002). Η έλλειψη πλευρικής υποστήριξης του οδοστρώματος στα σημεία αυτά, καθώς και η υποχώρηση των υποκείμενων στρώσεων εξαιτίας «της κακής συμπίκνωσης, της κακής αποστράγγισης, της δράσης του παγετού, της συρρίκνωσης λόγω ξηρασίας του εδάφους ή του μικρού πάχους των ασφαλτικών στρώσεων» προκαλούν την εμφάνιση του φαινομένου (Νικολαΐδης, 2002).



Εικόνα 2.2: Ρωγμές στα άκρα του οδοστρώματος
(Πηγή: www.asphaltinstitute.org)

2.2.1.1.3. Ρωγμές μεταξύ των λωρίδων διάστρωσης ή διαπλάτυνσης (lane and widening cracks)

«Οι ρωγμές αυτές εμφανίζονται μεταξύ των λωρίδων διάστρωσης ή της διαπλάτυνσης και είναι πάντοτε διαμήκεις, εκτός από τις περιπτώσεις της διακοπής των εργασιών» (Νικολαΐδης, 2002).

Αποδίδονται σε κατασκευαστικές κακοτεχνίες, όπως είναι η διάστρωση τάπητα με μικρότερη ποσότητα ασφαλτομίγματος στη ραφή, η ανεπαρκής ή κακή συγκόλληση της κάθετης επιφάνειας της προηγούμενης λωρίδας διάστρωσης και η μείωση της θερμοκρασίας του μίγματος κατά την εκτέλεση των εργασιών. Όταν η ρωγμή εμφανίζεται πάνω στο σημείο που πραγματοποιήθηκε διαπλάτυνση της οδού, τότε πιθανόν να οφείλεται στην κακή συμπύκνωση των υποκείμενων νέων στρώσεων. Στις περιπτώσεις αυτές, όμως, πιθανόν να εμφανιστεί και άλλης μορφής αστοχία, κυρίως καθίζηση (Νικολαΐδης, 2002).



Εικόνα 2.3: Ρωγμές μεταξύ των λωρίδων διάστρωσης ή διαπλάτυνσης

(Πηγή: www.asphaltmagazine.com)

2.2.1.1.4. Ρωγμές από ανάκλαση (reflection cracks)

Πρόκειται για ρωγμές διαφόρων μορφών και κατευθύνσεων, οι οποίες εμφανίζονται σε πρόσθετες ασφαλτικές στρώσεις (overlays) που κατασκευάστηκαν για την αποκατάσταση των σοβαρών φθορών του οδοστρώματος. Η μορφή των ρωγμών ακολουθεί τη μορφή των παλιών ρωγμών της επισκευασθείσας επιφάνειας. Οι ρωγμές ανάκλασης συνήθως «παρουσιάζονται σε ασφαλτικές στρώσεις πάνω σε δύσκαμπτα οδοστρώματα ή οδοστρώματα από βάση με ισχύρο σκυρόδεμα ή ακόμη σε επιστρώσεις

που έγιναν πάνω από παλιά εγκιβωτισμένα ερείσματα ή διαπλατύνσεις» (Νικολαΐδης, 2002).

Οι ρωγμές αυτές δημιουργούνται εξαιτίας των μετακινήσεων του υπεδάφους ή της διόγκωσης και της συρρίκνωσής του (ύπαρξης αργλικών υλικών και υγρασία) ή της κάθετης μετακίνησης των ανεξάρτητων ρηγματωμένων κομματιών της παλαιάς επιφάνειας, οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα τις κάθετες και οριζόντιες μετακινήσεις του υποκείμενου οδοστρώματος (Νικολαΐδης, 2002).



Εικόνα 2.4: Ρωγμές από ανάκλαση

(Πηγή: www.pavementinteractive.org)

2.2.1.1.5. Παραβολικές ρωγμές από ολίσθηση ταπήτων (slippage cracks)

Η μορφή των ρωγμών αυτών έχει σχήμα μισοφέγγαρου (Νικολαΐδης, 2002) κατά τη διεύθυνση κυκλοφορίας (Μουρατίδης, 2006). «Οι ρωγμές αυτές οφείλονται σε ολίσθηση του τάπητα κυκλοφορίας επί της υποκείμενης στρώσης λόγω κακής συνοχής» (Νικολαΐδης, 2002) και ισχυρών επαπτομενικών φορτίων σε ζώνες πεδήσεως και μεγάλων κατά μήκος κλίσεων (Μουρατίδης, 2006). Η ολίσθηση του τάπητα μπορεί να οφείλεται στην απουσία συγκολλητικής επάλειψης ή στην ανεπαρκή και κακή συγκολλητική επάλειψη, την ύπαρξη χωμάτων, λαδιών αυτοκινήτου ή ύδατος. Πιο σπάνια, οι ρωγμές αυτές μπορεί να οφείλονται στη μεγάλη περιεκτικότητα του ασφαλτομίγματος σε λεπτόκοκκα αδρανή ή ακόμη στην κακή συμπύκνωση της υπερκείμενης στρώσης (Νικολαΐδης, 2002).



Εικόνα 2.5: Ρωγμές από ολίσθηση ταπήτων

(Πηγή: www.asphaltinstitute.org)

2.2.1.1.6. Ρωγμές συρρίκνωσης (Shrinkage cracks)

«Οι ρωγμές συρρίκνωσης είναι συνήθως ακανόνιστης μορφής, διακλαδιζόμενες και ως ένα βαθμό συνδεδεμένες μεταξύ τους, σχηματίζοντας μεγάλα πολυγωνικά μπλοκ με οξείες γωνίες και οφείλονται στη συρρίκνωση του ασφαλτομίγματος ή των υλικών της βάσης ή/και της υπόβασης». Το ασφαλτόμιγμα μπορεί να συρρικνωθεί όταν έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε λεπτόκοκκα αδρανή και φίλλερ και υψηλό ποσοστό σκληρής ασφάλτου, καθώς και όταν ο κυκλοφοριακός φόρτος είναι μικρός (Νικολαΐδης, 2002).



Εικόνα 2.6: Ρωγμές συρρίκνωσης

(Πηγή: www.nachi.org)

2.2.1.1.7. Ρωγμές στην τροχιά των τροχών (wheel path cracks)

«Είναι ρωγμές που εμφανίζονται στις τροχαυλακώσεις και είναι πάντοτε διαμήκεις». Τα αίτια εμφάνισής τους είναι είτε η κόπωση των ασφαλτομιγμάτων είτε η τοπική θραύση του οδοστρώματος λόγω της μειωμένης φέρουσας ικανότητας του υπεδάφους σε συνδυασμό με τα μεγάλα αξονικά φορτία και το μειωμένο (υπο-διαστασιολογούμενο)

πάχος των ασφαλικών στρώσεων και της βάσεως του οδοστρώματος (Νικολαΐδης, 2002).



Εικόνα 2.7: Ρωγμές στην τροχιά των τροχών

(Πηγή: www.roadscience.net)

2.2.1.1.8. Ελικοειδείς ρωγμές

«Είναι οι ρωγμές που εμφανίζονται με ελικοειδή, μη διακλαδιζόμενη μορφή κατά μήκος του οδοστρώματος και όχι σε συγκεκριμένη θέση. Η εμφάνιση των ρωγμών αυτών οφείλεται συνήθως στη δράση του παγετού και στην κόπωση του οδοστρώματος» (Νικολαΐδης, 2002). Μπορεί να οφείλεται, όμως, και στα φυσικά χαρακτηριστικά των αδρανών και του κονιάματος, τη γεωγραφική θέση της προέλευσής τους και το μέγιστο μέγεθος των αδρανών.

2.2.1.2. Παραμορφώσεις (στρεβλώσεις) της επιφάνειας (surface distortion)

Οι παραμορφώσεις αναφέρονται στην μη επιπεδότητα ενός οδοστρώματος. Οι βλάβες αυτές επιδρούν τόσο στην ασφάλεια όσο και στην άνεση κατά την οδήγηση και μπορεί να οφείλονται στην ελαστοπλαστική συμπεριφορά ή τη χαμηλή ευστάθεια των ασφαλτομιγμάτων, στην κακή συμπύκνωση των στρώσεων και στην καθίζηση του υπεδάφους (Νικολαΐδης, 2002).

2.2.1.2.1. Αυλακώσεις στις τροχιές των τροχών (channel orruts)

«Οι αυλακώσεις αυτές είναι καναλοποιημένες καθιζήσεις κατά μήκος της τροχιάς των τροχών». Ονομάζονται και τροχαυλακώσεις. Η καθίζηση συμβαίνει σταδιακά, φτάνοντας στο μέγιστο βάθος της στο κέντρο της τροχιάς των τροχών. Οφείλεται στην παραμένουσα παραμόρφωση του ασφαλτομίγματος, στην καθίζηση των στρώσεων

λόγω κακής συμπίκνωσης και στην πλευρική μετακίνηση ή συμπίεση μιας ή περισσότερων στρώσεων κάτω από την επίδραση των αξονικών φορτίων, συνήθως βαριάς κυκλοφορίας (Νικολαΐδης, 2002).



Εικόνα 2.8: Τροχαυλακώσεις

(Πηγή: www.pavementinteractive.org)

2.2.1.2.2. Κυματώσεις – ρυτιδώσεις (wave – corrugations)

«Οι κυματώσεις, ή ρυτιδώσεις ή πτυχώσεις, είναι μια μορφή πλαστικής μετακίνησης που έχει ως αποτέλεσμα την τοπική διόγκωση της επιφάνειας υπό μορφή κυματώσεων (Νικολαΐδης, 2002) πυκνής διάταξης κατά την εγκάρσια έννοια της οδού (Μουρατίδης, 2006). Οι παραμορφώσεις αυτές όταν έχουν αραιή και ακανόνιστη διάταξη ονομάζονται κυματώσεις (wave) (Μουρατίδης, 2006), ενώ όταν η πλαστική μετακίνηση είναι τοπική, ονομάζεται επώθηση (shoving)» (Νικολαΐδης, 2002). Οι ρυτιδώσεις ή απωθήσεις εμφανίζονται σε σημεία της οδού που αναπτύσσονται υψηλές διατμητικές τάσεις (περιοχές φρεναρίσματος, ανωφέρειες και κατωφέρειες) και δεν συνοδεύονται από ρηγματώσεις (Νικολαΐδης, 2002).

Τα αίτια εμφάνισή τους είναι η χαμηλή ευστάθεια του ασφαλτομίγματος και η πλαστική παραμόρφωσή του. Η χαμηλή ευστάθεια αποδίδεται συνήθως στο υψηλό ποσοστό ασφάλτου, στη χρήση ασφάλτου με χαμηλό ιξώδες (μαλακή άσφαλτος με διεισδυτικότητα μεγαλύτερη των 100 pen), στο υψηλό ποσοστό άμμου έναντι χονδρόκοκκων αδρανών, στη χρήση φυσικών (μη θραυστών και στρογγυλεμένων) αδρανών, στην ύπαρξη κενών στο μίγμα μικρότερα της ελάχιστης τιμής και στη μη πλήρη εξάτμιση των διαλυτών των διαλυμάτων (Νικολαΐδης, 2002).



Εικόνα 2.9: Ρυτιδώσεις οδοστρώματος

(Πηγή: www.tour-beijing.com)

2.2.1.2.3. Τοπικές καθιζήσεις – Κοιλώματα (Local depressions)

Είναι τοπικές βυθίσεις της στάθμης της οδού με περιορισμένη έκταση (Μουρατίδης, 2006).

Το βύθισμα που δημιουργείται κατακρατεί νερό και αποτελεί αιτία επιταχυνόμενης καταστροφής του οδοστρώματος, αλλά και κίνδυνος για τους χρήστες της οδού, λόγω ολισθηρότητας, πάγου κ.τ.λ. Οφείλονται στην μηχανική ανεπάρκεια των στρώσεων που οδηγεί σε τοπική καθίζηση καθώς η κυκλοφορία είναι βαρύτερη της προσβληθείσας ή στην ελαττωματική κατασκευή του οδοστρώματος, η οποία αναφέρεται σε κακές συνθήκες αποστράγγισης ή έλλειψη εγκιβωτισμού (Νικολαΐδης, 2002).

2.2.1.2.4. Τοπικές διογκώσεις (Local upheaval)

«Οι διογκώσεις (*bumps*) του οδοστρώματος είναι οι τοπικές προς τα πάνω μετακινήσεις του οδοστρώματος» (Μουρατίδης, 2006) «που χαρακτηρίζονται από διακλαδιζόμενες ρηγματώσεις» (Νικολαΐδης, 2002) (Εικόνα 3.10). «Οφείλονται σε τοπική διόγκωση του υπεδάφους, της υπόβασης ή της βάσης και σπανίως των ασφαλικών στρώσεων. Η συνηθέστερη αιτία που προκαλεί τη διόγκωση είναι η διαστολή του εγκλωβισμένου νερού κατά την διάρκεια του χειμώνα λόγω παγετού», χωρίς να αποκλείεται και η επίδραση της υγρασίας σε διογκούμενα εδαφικά υλικά (Νικολαΐδης, 2002). Επιπλέον, μπορεί να οφείλονται στις υψηλές θερμοκρασίες και στον ερπυσμό, καθώς συχνά εμφανίζονται σε ζώνες πεδήσεως όπου ασκούνται μεγάλα εφαπτομενικά φορτία (Μουρατίδης, 2006).



Εικόνα 2.10: Τοπικές διογκώσεις

(Πηγή: www.asphaltinstitute.org)

2.2.1.3. Αποσύνθεση (disintegration)

Αυτή η μορφή της αστοχίας των οδοστρωμάτων επιδρά στην επιδείνωση της δομικής τους κατάστασης. Το οδόστρωμα υφίσταται αποσύνθεση όταν θρυμματίζεται σε μικρά ασύνδετα κομμάτια. Σε αυτή την περίπτωση, αν δεν συντηρηθεί άμεσα, απαιτείται η αποκατάσταση της ασφαλτικής του στρώσης (Νικολαΐδης, 2002).

2.2.1.3.1. Αποκόλληση αδρανών (raveling)

Πρόκειται για την μορφή της αποσύνθεσης του οδοστρώματος (weathering) κατά την οποία αρχικά το συνδετικό υλικό οξειδώνεται και έπειτα τα αδρανή αποκολλώνται προοδευτικά από την επιφάνεια (raveling) (Μουρατίδης, 2006). (Εικόνα 3.11). «*Η απογύμνωση της επιφάνειας, που ονομάζεται και «ψώριασμα», αρχίζει συνήθως από τα άκρα του οδοστρώματος προς το κέντρο και αρχικά αποκολλώνται τα λεπτόκοκκα υλικά και έπειτα τα χονδροκόκκα. Όταν ξεκινά το φαινόμενο, η επιφάνεια αποκτά σχετική τραχύτητα. Κατόπιν, εμφανίζονται μικρές «φωλιές», οι οποίες αρχίζουν να πυκνώνουν και να μεγαλώνουν δημιουργώντας λακκούβες*» (Νικολαΐδης, 2002).

Τα αίτια που οδηγούν στην αποκόλληση των αδρανών είναι η χαμηλή περιεκτικότητα του μίγματος σε άσφαλτο, η χρήση μη καθαρών αδρανών, η κατασκευή του τάπητα σε χαμηλές θερμοκρασίες ή με βροχή, η υπερθέρμανση της ασφάλτου, η χρήση αδρανών που έχουν την τάση να αποσυντίθενται και η μη επαρκής συμπύκνωση (για τα ψυχρά ασφαλτομίγματα) (Νικολαΐδης, 2002).



Εικόνα 2.11: Αποκόλληση αδρανών

(Πηγή: www.asphaltinstitute.org)

2.2.1.3.2. Λακκούβες (potholes)

Οι λακκούβες είναι οπές διάφορων μεγεθών και μορφής λεκανών μέσα στο οδόστρωμα (Εικόνα 3.12). Μια λακκούβα προκαλείται από την παρουσία νερού στην υποκείμενη εδαφική στρώση και τα φορτία κυκλοφορίας που διέρχονται από την πληγείσα περιοχή. Η εισαγωγή νερού στις υποκείμενες στρώσεις αποδυναμώνει την υποστήριξη του εδάφους, ενώ ταυτόχρονα ο κυκλοφοριακός φόρτος δημιουργεί κόπωση και τελικά θραύση στην κακώς υποστηριζόμενη επιφανειακή ασφαλτική στρώση στην περιοχή αυτή. Η συνεχιζόμενη δράση της κυκλοφορίας εκτινάσσει τόσο την ασφαλτο όσο και το υποκείμενο εδαφικό υλικό με αποτέλεσμα τη δημιουργία οπής στο οδόστρωμα.

Όμως, όπως προαναφέρθηκε, λακκούβες μπορούν να δημιουργηθούν και μετά από επιδείνωση της αποκόλλησης των αδρανών από την επιφάνεια του οδοστρώματος.

Οφείλονται στις αδυναμίες του ασφαλτομίγματος ή της δομής του οδοστρώματος. Αυτές μπορεί να είναι: η έλλειψη συνδετικού υλικού στο ασφαλτόμιγμα, το μειωμένο πάχος του τάπητα κυκλοφορίας, μια τοπική αστοχία κατά την κατασκευή των στρώσεων, κυρίως της βάσης, και η κακή τοπική αποστράγγιση της οδού (Νικολαΐδης, 2002).



Εικόνα 2.12: Λακκούβα

(Πηγή: www.asphaltinstitute.org)

2.2.1.3.3. Αποφλοιώσεις (peeling)

«Αποφλοιώσεις είναι τοπικές ή εκτεταμένες ζώνες όπου ο επιφανειακός τάπητας κυκλοφορίας έχει αποκολληθεί και αποσπαστεί από την υποκείμενη ασφατική στρώση». Το φαινόμενο οφείλεται στην κακή συγκόλληση των στρώσεων σε συνδυασμό με τις ισχυρές τάσεις στην διεπιφάνεια των ανωτέρω στρώσεων (Μουρατίδης, 2006).



Εικόνα 2.13: Αποφλοιώση οδοστρώματος

(Πηγή: www.mrpothole.com)

2.2.1.3.4. Διάβρωση (stripping)

Διάβρωση παρατηρείται σε ένα οδόστρωμα «όταν εμφανίζονται σκύρα στην επιφάνεια κυκλοφορίας του λόγω απόσπασης και καταστροφής του συνδετικού υλικού». Τα αίτια της είναι η κακή κοκκομετρική διαβάθμιση και η ανεπαρκής πρόσφυση του συνδετικού επί των αδρανών (Μουρατίδης, 2006).



Εικόνα 2.14: Διάβρωση οδοστρώματος

(Πηγή: www.lgam.info)

2.2.1.4. Λεία επιφάνεια οδοστρώματος

Η λεία επιφάνεια του οδοστρώματος είναι ένας τύπος φθοράς που επιδρά στην ασφάλεια και την εξυπηρέτηση των χρηστών και όχι στην δομική κατάστασή του. Είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ολισθηρότητα και κατ' επέκταση με τα τροχαία ατυχήματα, γι' αυτό θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη σημασία στην αναγνώριση και την άμεση αποκατάσταση της αντιολισθηρής ικανότητας της επιφάνειας του οδοστρώματος (Νικολαΐδης, 2002).

2.2.1.4.1. Λείανση αδρανών – ολισθηρότητα (polished aggregate)

Πρόκειται για φθορά των αδρανών λόγω της κυκλοφορίας, με αποτέλεσμα η επιφάνεια του οδοστρώματος να γίνεται λεία και ολισθηρή. Οφείλεται στη χρήση ακατάλληλων σκληρών αδρανών (ασβεστολιθικών υλικών) (Νικολαΐδης, 2002). Επίσης, μπορεί να συμβαίνει λόγω της βύθισης των χονδρόκοκκων αδρανών στο ασφαλτόμιγμα υπό την επίδραση της κυκλοφορίας, αλλά και της κακής εκτίμησης της αντοχής τους.

2.2.1.4.2. Ανάδυση ασφάλτου (asphalt bleeding or flushing)

«Ανάδυση είναι το φαινόμενο της κάθετης μετακίνησης της ασφάλτου μέσα στο ασφαλτόμιγμα και η εμφάνισή της στην επιφάνεια του οδοστρώματος, δημιουργώντας έναν ασφαλτικό υμένα που υπερκαλύπτει τα αδρανή» (Νικολαΐδης, 2002) (Εικόνα 2.15). Παρατηρείται σαν μια μεμβράνη ασφαλτικού υλικού στην επιφάνεια του οδοστρώματος, η οποία συχνά εμφανίζει μια γυαλιστερή, σαν καθρέφτη, επιφάνεια που μπορεί να γίνεται κολλώδης (Pavement Interactive, 2011).

Η ανάδυση της ασφάλτου εμφανίζεται κατά τους θερινούς μήνες, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών. Οφείλεται στην ύπαρξη περίσσειας ασφάλτου στο ασφαλτόμιγμα ή στον ψεκασμό πλέον της απαιτούμενης ποσότητας συγκολλητικής ή προεπάλειψης (μόνο σε τάπητες πάχους 40 – 50 mm). Επιπλέον, μπορεί να οφείλεται στην ύπαρξη ασφαλτικών διαλυτών που μεταφέρουν την άσφαλτο στην επιφάνεια και στην βαριά κυκλοφορία που επιφέρει πρόσθετη συμπίεση στα ασφαλτόμιγματα που είναι πλούσια σε άσφαλτο (Pavement Interactive, 2011).



Εικόνα 2.15: Ανάδυση ασφάλτου λόγω υπερβολικής ποσότητας ασφάλτου

(Πηγή: www.pavementinteractive.orn)

2.2.2. Φθορές δύσκαμπτων οδοστρωμάτων

Οι φθορές που εμφανίζουν τα δύσκαμπτα οδοστρώματα κατανέμονται σε τέσσερις κατηγορίες, όμοιες με αυτές των ευκάμπτων οδοστρωμάτων, δηλαδή τις ρηγματώσεις, τις επιφανειακές παραμορφώσεις, την αποσύνθεση της επιφάνειας και τη λείανση της επιφάνειας (Νικολαΐδης, 2002).

2.2.2.1. Ρηγματώσεις – Αρμοί

Οι συχνότερες φθορές των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων είναι οι ρωγμές που εμφανίζονται λόγω των θερμοκρασιακών αυξομειώσεων και της επαναλαμβανόμενης φόρτισης. Για τον περιορισμό των ρωγμών κατασκευάζονται αρμοί (διαστολής, συστολής και στρέβλωσης – διαμήκεις αρμοί), που όμως προκαλούν πρόβλημα με τη συντήρησή τους, καθώς δημιουργούνται ρηγματώσεις από την μη έγκαιρη συντήρηση (Νικολαΐδης, 2002).

2.2.2.1.1. Φθορές στους αρμούς

Οι φθορές που εμφανίζουν οι αρμοί αφορούν την αποκόλληση του υλικού πληρώσεως, που χρησιμοποιείται για την στεγάνωσή τους, και την ρηγμάτωση πλησίον του αρμού. Συχνά παρατηρείται και θραύση μαζί με αποκόλληση τμήματος των ακμών του αρμού (Νικολαΐδης, 2002).

Το φαινόμενο οφείλεται στη γήρανση και στην οξείδωση του υλικού πληρώσεως, ενώ η ρηγματώση στην χαμηλή αντοχή του σκυροδέματος σε συνδυασμό με τα μεγάλα φορτία κυκλοφορίας (Νικολαΐδης, 2002).

2.2.2.1.2. Γωνιώδεις (γωνιακές) ρωγμές (edge cracks)

Οι ρωγμές αυτές εμφανίζονται στις γωνίες των πλακών. Απαιτούν την έγκαιρη συντήρηση, καθώς κινδυνεύουν με πλήρη αποκόλληση του ρηγματωμένου τμήματος από την πλάκα, και οφείλονται στην κακή υποστήριξη της πλάκας από το έδαφος έδρασης (Νικολαΐδης, 2002).

2.2.2.1.3. Διαμήκειες ρωγμές (longitudinal cracks)

Διαμήκειες ρωγμές ονομάζονται αυτές που εμφανίζονται παράλληλα με τον άξονα του οδοστρώματος. Παρουσιάζονται εξαιτίας της συστολής της πλάκας και της ανυπαρξίας κατάλληλου αριθμού διαμηκών αρμών. Επιπλέον, μπορεί να δημιουργηθούν λόγω της διαστολής της υποκείμενης στρώσης, των τάσεων στρέβλωσης σε συνδυασμό με τα φορτία κυκλοφορίας, ή της μειωμένης υποστήριξης του εδάφους έδρασης (Νικολαΐδης, 2002).

2.2.2.1.4. Εγκάρσιες ρωγμές (transverse cracks)

Εγκάρσιες ονομάζονται οι ρωγμές που εμφανίζονται σχεδόν κάθετα με τον άξονα του οδοστρώματος και συνήθως στο κέντρο της πλάκας. Οφείλονται στην υπερφόρτιση και στην ανάπτυξη μεγάλων ροπών κάμψης, στην έλλειψη επαρκούς αριθμού εγκαρσίων αρμών και στην ύπαρξη ασθενούς εδάφους (Νικολαΐδης, 2002).

2.2.2.1.5. Διαγώνιες ρωγμές (diagonal cracks)

Διαγώνιες ονομάζονται οι ρωγμές που δημιουργούνται στις γωνίες των πλακών σχηματίζοντας μεγαλύτερα τρίγωνα από αυτά που σχηματίζονται από τις γωνιώδεις ρωγμές. Οι αιτίες ανάπτυξής τους είναι οι ίδιες με αυτές των γωνιωδών ρωγμών (Νικολαΐδης, 2002).

2.2.2.2. Επιφανειακές παραμορφώσεις

Στα δύσκαμπτα οδοστρώματα οι επιφανειακές παραμορφώσεις που εμφανίζονται είναι μόνο οι καθιζήσεις. Οι διαφορικές καθιζήσεις δημιουργούνται λόγω ενός ενδεχόμενου ανεπαρκούς συστήματος μεταφοράς φορτίων από πλάκα σε πλάκα, ή στην περαιτέρω συμπίκνωση ή συστολή του εδάφους έδρασης (Νικολαΐδης, 2002).

2.2.2.3. Αποσύνθεση (disintegration)

Η επιφάνεια των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων μπορεί να υποστεί αποσύνθεση δύο τύπων. Αυτές είναι η αποκόλληση των λεπτόκοκκων και χονδρόκοκκων αδρανών και ο θρυμματισμός των ακμών και των γωνιών των πλακών. Επιπρόσθετα, μια ακόμη φθορά που εμφανίζεται στην επιφάνειά τους μπορεί να χαρακτηριστεί και η άντληση (Νικολαΐδης, 2002).

2.2.2.3.1. Αποκόλληση αδρανών – λεπίδωση (scaling)

Η αποκόλληση αδρανών ή αλλιώς λεπίδωση, οφείλεται στην κακή ανάμιξη του μίγματος, στη χρήση ακατάλληλων αδρανών, στις ακατάλληλες συνθήκες πήξης του σκυροδέματος και στη χημική δράση του άλατος που πιθανόν να χρησιμοποιείται για την αποφυγή δημιουργίας πάγου στο οδόστρωμα (Νικολαΐδης, 2002).



Εικόνα 2.16: Αποκόλληση αδρανών

(Πηγή: sealwizekc.com)

2.2.2.3.2. Θρυμματισμός των πλακών (spalling)

Ο θρυμματισμός των πλακών στις ακμές (spalling) και στις γωνίες οφείλεται κυρίως στη διαστολή αυτών και, σε κάποιες περιπτώσεις, στις μεγάλες ανωστικές πιέσεις του

υπεδάφους. Σε αυτά συντελούν, ακόμη, το ασθενές σκυρόδεμα, η πιθανότητα εγκλωβισμού αδρανών μέσα στον αρμό και η κακή κατασκευή του αρμού (Νικολαΐδης, 2002).



Εικόνα 2.17: Θρυμματισμός των πλακών

(Πηγή: www.contractortalk.com)

2.2.2.3.3. Αντληση (pumping)

Αντληση ονομάζεται η ανάδυση ύδατος και λεπτόκοκκου υλικού στην επιφάνεια κυκλοφορίας. Εμφανίζεται στα δύσκαμπτα οδοστρώματα, καθώς οι αρμοί προσφέρουν διόδους ροής σε ποσότητες εγκλωβισμένου νερού, και πραγματοποιείται υπό τη δράση των φορτίων των οχημάτων. Οφείλεται στην κακή απορροή και αποστράγγιση, αλλά και στην ακατάλληλη κοκκομετρική σύνθεση των στρώσεων του οδοστρώματος.

2.2.2.4. Ολισθηρότητα επιφανείας

Η ολισθηρότητα στην επιφάνεια των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων παρατηρείται εξαιτίας της λείανσης των λεπτόκοκκων και χονδρόκοκκων αδρανών (Νικολαΐδης, 2002).

2.3. Πρόωρη αστοχία των οδοστρωμάτων

Τα οδοστρώματα μπορούν να αστοχήσουν πρόωρα εξαιτίας πολλών παραγόντων και οι τέσσερις βασικοί λόγοι που μπορεί να οφείλεται η αστοχία τους είναι (Orr, 2006):

- Ο σχεδιασμός,
- Η κατασκευή,
- Η ακαταλληλότητα των υλικών,
- Η συντήρηση

Γενικά, όταν ένας δρόμος ή μία οδός αστοχήσει, η αστοχία μπορεί να οφείλεται σε πολλούς παράγοντες, αλλά συνήθως ένας από τους τέσσερις είναι ο πιο κρίσιμος (Orr, 2006).

2.3.1. Αστοχία στο σχεδιασμό

Οι περισσότεροι δρόμοι δεν είναι ειδικά σχεδιασμένοι. Η χάραξή τους έχει υλοποιηθεί πάνω σε προγενέστερους δρόμους και μονοπάτια και εξελίχθηκε σε σύγχρονα οδοστρώματα. Αυτό δεν σημαίνει ότι πρέπει να έχουν πλήρως αναπτυγμένο τον τεχνικό σχεδιασμό για την αποκατάσταση κάθε οδικού δικτύου. Στην πραγματικότητα, οι περισσότεροι δρόμοι λειτουργούν μια χαρά. Ωστόσο, εξακολουθούν να υπάρχουν πολλά ζητήματα που πρέπει να εξεταστούν (Orr, 2006).

Για παράδειγμα, σε δρόμους με χαμηλό κυκλοφοριακό όγκο, η σημαντικότερη πρόκληση του σχεδιασμού αφορά τον καιρό και τις συνθήκες αποστράγγισης. Αν η αποστράγγιση έχει υλοποιηθεί σωστά και ο δρόμος έχει κατασκευαστεί τηρώντας τις ελάχιστες προδιαγραφές για το πάχος και την ποιότητα του οδοστρώματος, θα πρέπει να αντέξει ικανοποιητικά. Ωστόσο, εξακολουθούν να υπάρχουν πολλές αποτυχίες εξαιτίας του σχεδιασμού, οι οποίες μπορούν να αποδοθούν στους ακόλουθους παράγοντες (Orr, 2006):

- *Υποδιαστασιολόγηση.* Ένας δρόμος που δεν μπορεί να αντέξει τα φορτία για τα οποία έχει σχεδιαστεί είναι υποδιαστασιολογημένος. Αυτό θα μπορούσε να οφείλεται σε μια αστοχία των προβλεπομένων συνθηκών, όπως η αύξηση στην κυκλοφορία φορτηγών. Για παράδειγμα, θα πρέπει να σχεδιαστούν νέοι δρόμοι όταν αλλάζει η χρήση γης κάποιων περιοχών σε βιομηχανική και εμπορική λόγω της βαριάς κυκλοφορίας που θα εξυπηρετούν.
- *Αποτυχία στην πρόβλεψη των μελλοντικών συνθηκών.* Ακόμη και αν ο δρόμος έχει κατασκευαστεί σύμφωνα με προδιαγραφές ποιότητας, μπορεί να υπάρχει πρόωρη αστοχία, εάν υπάρχουν συνθήκες που έχουν αγνοηθεί κατά το σχεδιασμό. Η έλλειψη καλής αποστράγγισης οδηγεί σε πιο συχνές πρόωρες βλάβες. Σε αρκετές περιπτώσεις, το πρόβλημα αυτό δεν αποτελεί ένα πρόβλημα λόγω κατασκευής ή υλικών. Γι' αυτό τον λόγο όταν πριν από την παράδοση και τη χρήση του έργου

γίνεται η επιθεώρησή του, πρέπει να αξιολογείται η ποιότητα της αποστράγγισής του.

- *Αλλαγές μετά την κατασκευή.* Μόλις κατασκευαστεί ένα τμήμα του οδοστρώματος, είναι πιθανό μέρος της εκτρεπόμενης κυκλοφορίας να χρησιμοποιεί το νέο δρόμο. Αν δεν έχει προβλεφθεί αυτός ο αυξημένος κυκλοφοριακός φόρτος, ο δρόμος μπορεί να αστοχήσει πολύ σύντομα. Η κατάσταση επιβαρύνεται περισσότερο αν παρουσιαστεί επιπλέον κίνηση βαρέων οχημάτων την άνοιξη, την περίοδο που οι φακοί του πάγου δίνουν αυξημένη υγρασία στο οδόστρωμα.

Κάποια παραδείγματα αστοχίας εξαιτίας του σχεδιασμού είναι τα εξής (Orr, 2006):

- Πάρα πολύ λεπτή ασφατική επικάλυψη για τα φορτία κυκλοφορίας (Πάρα πολύ παχιά, επίσης, δεν είναι επιθυμητή, καθώς αποτελεί σπατάλη χρημάτων).
- Η αποτυχία πρόβλεψης μιας διόγκωσης στο οδόστρωμα.
- Η σφράγιση με ασφατικές επαλείψεις ενός οδοστρώματος με σοβαρές ρηγματώσεις και βλάβες.
- Η κακή επιλογή και ανεπαρκής εκτέλεση της μεθόδου σφράγισης των ρωγμών του οδοστρώματος.
- Η χρήση σταθεροποιητή από ασφατικό σκυρόδεμα (asphalt cement), όταν η περιεκτικότητα σε λεπτόκοκκα αδρανή (fines) είναι υπερβολικά υψηλή (πάνω από περίπου 12%).

2.3.2. Αστοχία στην κατασκευή

Ακριβώς όπως ο σχεδιασμός, έτσι και η κακή ποιότητα κατασκευής μπορεί να οδηγήσει έναν δρόμο σε πρόωρη αστοχία. Πολλές κατασκευαστικές αστοχίες δεν εμφανίζονται ως ελαττώματα για πολλά χρόνια, γι' αυτό είναι δύσκολο να προσδιοριστεί η αιτία της αστοχίας. Είτε η κατασκευή γίνεται με ίδια μέσα (in – house) είτε με σύμβαση, είναι σημαντικό να γίνει σωστά (Orr, 2006).

Η εκπαίδευση του εργατικού δυναμικού για τις περιπτώσεις αυτεπιστασίας, αλλά και του επιβλέποντα για τις περιπτώσεις ανάθεσης της κατασκευής του έργου αποτελούν σημαντικά ζητήματα για την εξασφάλιση της ποιοτικής ολοκλήρωσής του (Orr, 2006).

Η κατασκευή μπορεί να είναι το πιο δύσκολο βήμα, επειδή υπάρχουν τόσα πολλά πρακτικά θέματα και προβλήματα για τα οποία πρέπει να δοθεί κατάλληλη απάντηση. Η βασική εκπαίδευση σε συνδυασμό με την πρακτική άσκηση, καθώς και η παράλληλη απόκτηση εμπειρικής γνώσης, συμβάλλουν ικανοποιητικά στην ορθή εκτέλεση των εργασιών. Ωστόσο, οι πολύπλοκες και εξειδικευμένες εργασίες εξακολουθούν να ενέχουν δυσκολίες και προβληματισμούς και να εγκυμονούν κινδύνους για ενδεχόμενες κατασκευαστικές αποτυχίες (Orr, 2006).

Οι παράγοντες, οι οποίοι ευθύνονται για αυτές τις αστοχίες περιγράφονται παρακάτω (Orr, 2006) :

- *Κακή ποιότητα κατασκευής.* Ένα έργο με άριστη μελέτη εάν δεν υλοποιηθεί σωστά, δεν μπορεί να έχει διάρκεια. Συνηθισμένο πρόβλημα αποτελεί η αστοχία της συμπύκνωσης της επιχωμάτωσης σε λεπτά στρώματα. Μπορεί η κατασκευή να είναι γρηγορότερη αν γίνει σε χοντρά στρώματα, όμως η επανάληψη των εργασιών για τη διόρθωση του προβλήματος μετά την ενδεχόμενη καθίζηση δεν είναι μια καλή εναλλακτική λύση. Η αντιμετώπιση των ζητημάτων κατασκευής παρέχεται μέσω της κατάρτισης.
- *Χρήση ακατάλληλου εξοπλισμού.* Η χρήση του λάθους εργαλείου για τη συντήρηση του οδοστρώματος μπορεί να οδηγήσει σε πρόωρη αστοχία. Ένας οδοστρωτήρας με ελαστικό κύλινδρο πρέπει να χρησιμοποιείται σε οδοστρώματα για ασφαλική επάλειψη. Ένας μεταλλικός κύλινδρος οδοστρωτήρα υπερβολικού βάρους μπορεί να συντρίψει και να θραύσει τα αδρανή. Η παράλειψη της χρήσης ενός εργαλείου του εξοπλισμού μπορεί, επίσης, να προκαλέσει προβλήματα. Για παράδειγμα, αν τα αδρανή μιας στρώσης βάσης παραμείνουν χωρίς συμπύκνωση επειδή κανένας οδοστρωτήρας δεν είναι διαθέσιμος, είναι μια κακή λύση.
- *Η εσφαλμένη χρήση του εξοπλισμού.* Ακόμα κι αν υπάρχουν τα σωστά εργαλεία του εξοπλισμού, είναι σημαντικό να τα χρησιμοποιηθούν σωστά. Χρησιμοποιώντας ένα συμπιεστή για το «σβήσιμο» των ρωγμών μπορεί να εισέλθει νερό στις ρωγμές. Είναι σημαντική η γνώση της καταλληλότητας των εργαλείων του εξοπλισμού, καθώς και η χρήση τους.

- *Η αποτυχία ακολουθίας των σχεδίων.* Για τη συντήρηση του οδοστρώματος δεν απαιτούνται σχέδια μηχανικού, αλλά αρκεί ως ένα πολύτιμο εργαλείο η καταγραφή των βημάτων και η διατήρηση ενός πλάνου. Παραδείγματα αυτών των καλών σχεδιασμών περιλαμβάνουν χαράξεις, παρακάμψεις, υλικά, βήματα κατασκευής, και σχέδια σε περίπτωση κακών καιρικών συνθηκών. Χωρίς σχέδιο δεν υπάρχει η γνώση του λάθους.
- *Η έλλειψη της εκπαίδευσης.* Πολύ σημαντικό στοιχείο της σωστής εκτέλεσης των εργασιών είναι η γνώση του τρόπου υλοποίησής τους. Γι' αυτό τον λόγο αξίζει η επένδυση στην παροχή κατάρτισης για όλους τους εργαζομένους. Μπορεί να συμβαίνει κατά τη διάρκεια της εργασίας, με συνομιλίες στα διαλείμματα, με ωριαία εκπαίδευση σε συναντήσεις της εκάστοτε ένωσης, ή με ημερήσια κατάρτιση από κάποιο πρόγραμμα ή προμηθευτή.
- *Επιλογή λανθασμένης εποχής του χρόνου ή κακές καιρικές συνθήκες.* Οι καιρικές συνθήκες δεν μπορούν να ελεγχθούν, ωστόσο είναι δυνατόν να αποδοθούν ευθύνες για τον χειρισμό τους. Μια επιφανειακή συντήρηση που τοποθετείται τον Οκτώβριο, δεν είναι πιθανό να λειτουργήσει όπως μία που τοποθετείται τον Ιούλιο. Από την άλλη πλευρά, αν έβρεχε κατά τη διάρκεια της κατασκευής τον Ιούλιο, δεν είναι πιθανό να έγινε πολύ καλά και τότε. Η γνώση των περιορισμών της κάθε επισκευής είναι μείζονος σημασίας.

Ενδεικτικά παραδείγματα της αποτυχίας στην κατασκευή αποτελούν:

- Η αποτυχία συμπύκνωσης της τοπικής εξυγίανσης με ψυχρό ασφαλτικό μίγμα που περιέχει ανακυκλωμένα κομμάτια ελαστικών,
- Η αποτυχία να τοποθετηθούν τα αδρανή σε ασφαλτικές επαλείψεις (chip seal) πριν τη διάσπαση των ασφαλτικών γαλακτωμάτων,
- Η χρήση ενός συμπιεστή αέρα χωρίς διαχωριστή ελαίου/νερού για τον καθαρισμό των ρωγμών (μπορεί να εισαχθεί νερό και να προκληθεί απώλεια των συνδέσμων),
- Η διάστρωση πάνω σε μια βάση που δεν είναι κατάλληλα προετοιμασμένη,
- Η υλοποίηση εργασιών με ασφαλτικά γαλακτώματα μετά τα τέλη Οκτωβρίου (ή σε οποιαδήποτε κρύα ημέρα).

2.3.3. Ακαταλληλότητα των υλικών

Η χρήση του λάθους υλικού στο σωστό μέρος ή του σωστού υλικού σε λάθος θέση μπορεί να οδηγήσει σε πρόωρη αστοχία. Μερικές φορές τα προβλήματα είναι προφανή, ενώ άλλες φορές δεν δείχνουν να σχετίζονται με την επιλογή του υλικού.

Οι σημαντικότεροι λόγοι στους οποίους μπορεί να αποδοθεί μια αποτυχία λόγω των υλικών είναι (Orr, 2006):

- *Λάθος υλικό.* Το λάθος υλικό οδηγεί σε πρόωρη αστοχία. Κλασικό παράδειγμα αποτελεί η χρήση βρώμικου χαλκιού στη βάση. Η χρήση του λιγότερο δαπανηρού υλικού μπορεί να οδηγήσει σε πολύ μεγαλύτερα έξοδα στην μέλλον. Γι' αυτό είναι απαραίτητη η κατανόηση των περιορισμών του συγκεκριμένου προϊόντος πριν τη χρήση.
- *Το υλικό δεν πληροί τις προδιαγραφές.* Κατά την επιλογή των υλικών, είναι απαραίτητη η πιστοποίηση ότι πληρούν τις προδιαγραφές. Προτείνεται ο δειγματοληπτικός έλεγχος των προϊόντων στο εργοτάξιο. Όμως, δεν είναι πάντα δυνατή η λήψη δείγματος μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής.
- *Λανθασμένη τοποθέτηση του υλικού.* Εάν το υλικό έχει τοποθετηθεί εσφαλμένα, μπορεί να προκαλέσει πρόωρη αστοχία. Θα μπορούσε να είναι είτε κατασκευαστικό πρόβλημα είτε πρόβλημα λόγω του υλικού. Μερικές φορές, το πρόβλημα είναι η αποτυχία της τοποθέτησης ενός στοιχείου χρησιμοποιώντας μια νεότερη τεχνική.
- *Ασυμβατότητα με άλλα υλικά.* Το κόστος της ασυμβατότητας των συστατικών παρατίθεται σχεδόν κάθε φορά που αποτυγχάνει ένα οδόστρωμα με ασφαλική επάλειψη, αν και στην πραγματικότητα, αυτό δεν συμβαίνει σχεδόν ποτέ. Πολύ συνηθισμένη είναι η χρήση σκονισμένων αδρανών που δεν συγκρατούν τα ασφατικά γαλακτώματα. Όταν παρουσιαστεί αυτό το πρόβλημα, οι συνέπειες μπορεί να είναι δραματικές

Κάποια παραδείγματα των αποτυχιών λόγω των υλικών είναι (Orr, 2006):

- Η εφαρμογή ασφαλτικής επάλειψης πάνω στην επιφάνεια ασφαλτικής βάσης μετά από αποκόλληση του ασφαλτοτάπητα χωρίς να προηγηθεί διάστρωση τάπητα,
- Η χρήση ασφαλτικού γαλακτώματος για την πλήρωση ρηγματώσεων, καθώς σε ρηγματώσεις με διάκενο 2-3 mm απαιτείται η εφαρμογή ασφαλτικής μαστίχης (άσφαλτος με λεπτόκοκκα αδρανή), ενώ σε περισσότερο εκτεταμένες ρηγματώσεις απαιτείται ανακατασκευή της επιφάνειας του οδοστρώματος,
- Η χρήση ψυχρού ασφαλτομίγματος σε περίπτωση τακτικής επισκευής (μπάλωμα) με εσφαλμένη τεχνική,
- Η χρήση σκονισμένων ή υγρών αδρανών σε εργασίες συντήρησης της επιφάνειας.

2.3.4. Αστοχία στη συντήρηση

Το πρόβλημα της συντήρησης παρουσιάζεται στο ότι δεν είναι αρκετή. Πρόκειται για ένα ζήτημα προϋπολογισμού, προγραμματισμού και επικοινωνίας, που μερικές φορές είναι πολύ δύσκολο να ξεπεραστεί. Μόλις αποφασιστεί η εκτέλεση μιας συντήρησης είναι σημαντική η υπενθύμιση ότι όλες οι τεχνικές συντήρησης έχουν σχεδιαστεί για να ταιριάζουν με συγκεκριμένες συνθήκες και πρέπει να κατασκευάζονται κατάλληλα χρησιμοποιώντας τα σωστά υλικά. Η πρόωρη αστοχία της συντήρησης οδοστρώματος είναι συνήθως μια αποτυχία του σχεδιασμού, της κατασκευής, ή των υλικών (Orr, 2006).

- *Σχεδιασμός.* Το πρώτο βήμα στον σχεδιασμό είναι η επιλογή της σωστής επισκευής για την επιδιόρθωση του προβλήματος. Σε πάρα πολλές περιπτώσεις, η επιλογή της επισκευής γίνεται με μη-τεχνικούς λόγους. Επιπλέον, πολλές συντηρήσεις γίνονται χωρίς σχεδιασμό. Γνωρίζοντας τι χρειάζεται να γίνει μπορεί να υλοποιηθεί η σωστή επισκευή, γεγονός που αποτελεί ένα από τα πιο κρίσιμα βήματα στο σχεδιασμό της συντήρησης του οδοστρώματος.
- *Κατασκευή.* Μετά την επιλογή της τεχνικής συντήρησης, απαιτείται η σωστή κατασκευή της. Η αποτυχία της σωστής υλοποίησης της επισκευής συντήρησης είναι μια σημαντική αιτία για την πρόωρη αστοχία του οδοστρώματος.



- **Υλικό.** Η χρήση του σωστού υλικού είναι κρίσιμης σημασίας. Μπορεί να κοστίζει λιγότερο η αγορά ενός φθηνότερου χαλικιού, η επιδιόρθωση ή το γαλάκτωμα, αλλά είναι τεράστιο το κόστος αντικατάστασης εάν αποτύχει πρόωρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ

3.1. Γενικά

Η ορολογία που αναφέρεται στη διατήρηση του οδοστρώματος σε αποδεκτό επίπεδο εξυπηρέτησης μεταβάλλεται από χώρα σε χώρα. Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται ο όρος «συντήρηση», ενώ διεθνώς συναντώνται και οι όροι: συνεχής συντήρηση, προληπτική συντήρηση, διορθωτική συντήρηση, κύρια συντήρηση, αποκατάσταση, ενίσχυση και αναζωογόνηση του οδοστρώματος. (Νικολαΐδης, 2002)

Συνεχής συντήρηση (routine maintenance) πραγματοποιείται με ένα σύνολο εργασιών που εκτελούνται συνεχώς σε ημερήσια, εβδομαδιαία, μηνιαία ή ετήσια βάση και αφορούν τα στοιχεία που συνθέτουν μια οδό. Οι εργασίες αυτές περιλαμβάνουν α) τον καθαρισμό της επιφάνειας του οδοστρώματος, του συστήματος αποστράγγισης, της σήμανσης, καθώς και την αποψίλωση των πρανών, το κλάδεμα των δέντρων και της φύτευσης, β) την αποκατάσταση των φθορών γύρω από τα φρεάτια επίσκεψης, των φθορών της σήμανσης και του φωτισμού, γ) την αντικατάσταση των κατεστραμμένων στηθαίων ασφαλείας, σημάτων, κλπ., δ) τη χειμερινή συντήρηση του οδοστρώματος, δηλαδή τον εκχιονισμό και την πρόληψη της δημιουργίας πάγου στην επιφάνεια του οδοστρώματος. Συνεπώς, συμπεραίνεται ότι η συνεχής συντήρηση εξυπηρετεί τη χρήση της οδού και δεν ασχολείται με τη δομή της. (Νικολαΐδης, 2002)

Η *προληπτική συντήρηση* (preventive maintenance) περιλαμβάνει εργασίες που έχουν ως σκοπό να προλάβουν την πρόωρη εμφάνιση φθορών, δηλαδή την πρόωρη καταστροφή του οδοστρώματος. (Νικολαΐδης, 2002)

Η *διορθωτική συντήρηση* (corrective maintenance) έχει ως σκοπό τη διόρθωση των ατελειών της επιφάνειας του οδοστρώματος, οι οποίες είναι επικίνδυνες για την ασφάλεια των χρηστών. (Νικολαΐδης, 2002)

Οι εργασίες της προληπτικής και της διορθωτικής συντήρησης δεν είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους και σε αυτές περιλαμβάνονται: η σφράγιση ρωγμών, η πλήρωση των λάκκων, η τοπική εξυγίανση (μπαλώματα), οι ασφαλικές επαλείψεις (surface dressing), η σφραγιστική με τσιμεντολάσπη (slurry) και οι εργασίες για την αποκατάσταση της ολισθηρότητας και της ομαλότητας της επιφάνειας. (Νικολαΐδης, 2002)

Η κύρια συντήρηση ή αποκατάσταση οδοστρώματος ή αναζωογόνηση οδοστρώματος (demand maintenance) περιλαμβάνει εργασίες που σκοπό τους έχουν την πλήρη αποκατάσταση της ποιότητας του οδοστρώματος. Αυτές αφορούν την κατασκευή ασφαλικής στρώσης πάχους τουλάχιστον 25 mm (ασφαλική επίστρωση) από νέα ή ανακυκλωμένα υλικά, μετά ή άνευ ισοπεδωτικής στρώσης ή/και φρεζαρίσματος της παλαιάς επιφάνειας του οδοστρώματος, ώστε το οδόστρωμα να ενισχυθεί άμεσα και να είναι ικανό να παραλάβει μεγαλύτερα αξονικά φορτία. (Νικολαΐδης, 2002)

Πίνακας 3.1: Δραστηριότητες συντήρησης

Είδος συντήρησης	Προγραμματισμένη;	Εκτελείται πριν τη φθορά;	Εκτείνει τη ζωή του οδοστρώματος;
Συνεχής (Routine)	Ναι	Όχι απαραίτητα	Μερικές φορές
Προληπτική (Preventive)	Ναι	Ναι	Ναι
Διορθωτική (Corrective)	Γενικά	Όχι	Ναι
Κύρια (Demand)	Όχι	Όχι	Όχι απαραίτητα

(Πηγή: Orr, 2006)

Συνοψίζοντας, συμπεραίνεται ότι η συντήρηση έχει σκοπό τη διατήρηση της ποιοτικής κατάστασης του οδοστρώματος όσο το δυνατόν πλησιέστερα της αρχικής. Όμως, οι επαναλαμβανόμενες συντηρήσεις στο πέρασμα του χρόνου δεν είναι δυνατό να επιτύχουν αυτόν τον σκοπό. Αυτό συμβαίνει διότι ο χρόνος δημιουργεί φθορά, όπως κόπωση του οδοστρώματος, μείωση της ποιότητάς του ως συνέπεια των καιρικών συνθηκών και του αυξημένου κυκλοφοριακού φόρτου. Επομένως, η αποκατάσταση των ασφαλικών, κυρίως, στρώσεων κρίνεται απαραίτητη. (Νικολαΐδης, 2002)

Ως *αποκατάσταση* ενός οδοστρώματος ονομάζονται οι εργασίες που συμβάλλουν στην πλήρη αποκατάσταση της ποιότητας του οδοστρώματος με ταυτόχρονη ενίσχυσή του, ώστε να μπορεί να αναλάβει μεγαλύτερα αξονικά φορτία και, έτσι, να αυξήσει τη διάρκεια ζωής του. Αυτές οι εργασίες αφορούν την κατασκευή ασφαλικής επίστρωσης (επικάλυμμα) μεταβλητού πάχους, σύμφωνα με τις απαιτήσεις και τις εργασίες που προαπαιτούνται αλλά και έπονται αυτής. (Νικολαΐδης, 2002)

Σύμφωνα με το Asphalt Institute, ως αποκατάσταση χαρακτηρίζεται μια επέμβαση όταν το πάχος της ασφαλικής επίστρωσης είναι τουλάχιστον 25 mm, διαφορετικά ονομάζεται συντήρηση. (Νικολαΐδης, 2002)

Στις παραγράφους που ακολουθούν περιγράφονται σύντομα οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τη συντήρηση των φθαρμένων οδοστρωμάτων, αλλά και για τη βελτίωση των επιφανειακών τους χαρακτηριστικών. Οι τεχνικές αυτές, αναφέρονται ως τεχνικές συντήρησης και εκτελούνται για τον σκοπό αυτό. Ορισμένες, όμως, μπορούν να εκτελεσθούν και σε νέα οδοστρώματα ειδικών απαιτήσεων. (Μουρατίδης, 2006)

3.2. Επιφανειακές επεξεργασίες

Οι εργασίες που πραγματοποιούνται στην επιφάνεια ενός οδοστρώματος στοχεύουν στην επαναφορά της αντολισθητικής του ικανότητας, η οποία φθίνει σταδιακά με τη δράση των φορτίων κυκλοφορίας. Στις τεχνικές των επιφανειακών επεξεργασιών περιλαμβάνονται μηχανικές και χημικές επεμβάσεις στην επιφανειακή στρώση του οδοστρώματος, αλλά δεν περιλαμβάνονται τεχνικές διάστρωσης νέων ταπήτων. (Μουρατίδης, 2006)

3.2.1. Ήλωση (Bush Hammering)

Αυτή η εργασία επισκευάζει τη φυσική φθορά την οποία υπόκεινται το οδόστρωμα. Πιο συγκεκριμένα, συνίσταται στην τράχυνση (αγρίεμα) της επιφάνειας και πραγματοποιείται με τη χρήση μηχανήματος. Το μηχάνημα διαθέτει πολλά μικρά σφυριά από σκληρυμένο ατσάλι, το οποίο ονομάζεται «bush hammering». Αυτά τα σφυριά αγριεύουν τη συνολική επιφάνεια δημιουργώντας νέες αιχμηρές γωνιακές

ακμές στην επιφάνεια του δρόμου. Η μέθοδος αυτή δεν είναι κατάλληλη για τη συντήρηση των αυλακώσεων της επιφάνειας. Όμως, μπορεί να χρησιμοποιηθεί πριν την εφαρμογή νέας ασφαλτικής στρώσης σε μια υπάρχουσα επιφάνεια, καθώς βοηθάει στην αποτελεσματικότερη συγκόλληση μεταξύ τους. (Μουρατίδης, 2006)



Εικόνα 3.1: Ήλωση οδοστρώματος

(Πηγή: KUTTER, 2014)

3.2.2. Χάραξη – Εκτομή (Milling)

Ονομάζεται και φρεζάρισμα και είναι η διαδικασία της απομάκρυνσης τουλάχιστον ενός τμήματος της επιφάνειας μιας ασφαλτοστρωμένης περιοχής, όπως ενός δρόμου, μιας γέφυρας ή ενός πάρκινγκ. Το φρεζάρισμα, αφαιρώντας πλήρως αρκετό πάχος, λειαίνει την επιφάνεια με τη χρήση μηχανήματος (Lightbreather, 2014). Το μηχάνημα αυτό φέρει έναν κύλινδρο με παράλληλους οριζόντιους άξονες σε σχήμα κλωβού. Πάνω σε αυτούς τους άξονες στερεώνονται χαλύβδινες λεπίδες, οι οποίες περιστρέφοντας τον κύλινδρο και τους άξονες χαράσσουν την επιφάνεια. (Μουρατίδης, 2006)

Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί λόγοι για τους οποίους το φρεζάρισμα μπορεί να υπερισχύσει έναντι μιας απλής νέας ασφαλτόστρωσης πάνω στην υπάρχουσα επιφάνεια. (Lightbreather, 2014)



Εικόνα 3.2: Χάραξη – εκτομή οδοστρώματος (Milling)

(Πηγή: Lightbreather, 2014)

Η ανακύκλωση της επιφάνειας του οδοστρώματος είναι ένας από τους βασικούς λόγους για το φρεζάρισμα της επιφάνειας μιας οδού. Χρησιμοποιείται ευρέως για αυτό τον σκοπό, καθώς η ασφαλτική επιφάνεια απομακρύνεται και αλέθεται μέχρι να επαναχρησιμοποιηθεί ως συστατικό του νέου ασφαλτοτάπητα. Για τις ασφαλτικές επιφάνειες, το προϊόν του φρεζαρίσματος είναι ένας «αναγεννημένος» ασφαλτοτάπητας (reclaimed asphalt pavement – RAP), ο οποίος μπορεί να ανακυκλωθεί με άσφαλτο θερμού ασφαλτομίγματος (hot mix asphalt) συνδυάζοντας με νέα υλικά αδρανών και ασφαλτικό τσιμέντο ως συνδετικό υλικό. (Lightbreather, 2014)

Το φρεζάρισμα μπορεί, επίσης, να αφαιρέσει τις επιφανειακές φθορές του οδοστρώματος προσδίδοντας καλύτερη ποιότητα οδήγησης, αλλά και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής στο οδόστρωμα. Μερικά από τα προβλήματα που μπορεί να αντιμετωπίσει είναι η αποκόλληση αδρανών, η ανάδυση ασφάλτου, οι τροχαυλακώσεις, οι επωθήσεις, καθώς και η φθορά από τροχαία ατυχήματα και πυρκαγιά. (Lightbreather, 2014)

Τέλος, η τεχνική μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για να ελέγξει ή να αλλάξει το ύψος ενός μέρους ή του συνόλου του δρόμου, ώστε να εφαρμόζεται η υψομετρική μελέτη, ιδίως στην αστική οδοποιία στις θέσεις των κρασπέδων, των φρεατίων, κλπ., ή ακόμη για τροποποιήσει την κλίση ή την καμπυλότητα του δρόμου. (Lightbreather, 2014)

3.2.3. Χάραξη – Πριονισμός (Grooving)

Η εργασία χάραξης – πριονισμού ενός οδοστρώματος είναι μια διαδικασία κατά την οποία ειδικά σχεδιασμένες μηχανές εξοπλισμένες με κυκλικές διαμαντοφόρες λεπίδες χρησιμοποιούνται για την δημιουργία μικρών καναλιών αποστράγγισης πάνω στην επιφάνεια του οδοστρώματος. (Un. , 2012)

Οι λεπίδες είναι τοποθετημένες σε σταθερή απόσταση πάνω σε έναν οριζόντιο άξονα, και ψύχονται συνεχώς με νερό που αντλείται από ένα βυτίο, το οποίο στη συνέχεια ανακτάται μέσω ενός συστήματος κενού. Με την περιστροφή του άξονα οι λεπίδες δημιουργούν εγκοπές στην επιφάνεια του οδοστρώματος κατά την κίνηση του μηχανήματος. Αυτές οι εγκοπές μπορούν να κατασκευαστούν είτε εγκάρσια είτε κατά μήκος της επιφάνειας σε οδοστρώματα τόσο σκυροδέματος όσο και ασφάλτου. Ο «πριονισμός» της επιφάνειας ενός δρόμου βελτιώνει σημαντικά την πρόσφυση σε βρεγμένο οδόστρωμα και κατ' επέκταση μπορεί να μειώσει τα οδικά ατυχήματα κατά τη διάρκεια δυσμενών καιρικών συνθηκών. (Un. , 2012)



Εικόνα 3.3: Χάραξη – πριονισμός οδοστρώματος (Grooving)

(Πηγή: Un., 2012)

3.2.4. Διάστρωση υδροχλωρικού οξέος

Η διάστρωση με διάλυμα υδροχλωρικού οξέος πραγματοποιείται σε οδοστρώματα σκυροδέματος που δεν περιέχουν ασβεστολιθικά αδρανή. Το διάλυμα είναι 20 βαθμών σε αναλογία 50% και διαχέεται σε ποσότητα 0,2 – 0,5 lit/m². Η αντίδραση του διαλύματος με την επιφάνεια του οδοστρώματος διαρκεί 15 λεπτά και κατόπιν

εκτελείται η έκπλυση της επιφάνειας για να απομακρυνθεί η περίσσεια οξέος και παραγώγων αλάτων. (Μουρατίδης, 2006)

3.2.5. Αμμοβολή (Sand Blasting)

Η αμμοβολή είναι μια βιομηχανική διαδικασία με την οποία τα περίσσεια υλικά μπορούν να αφαιρεθούν από μία επιφάνεια. Δύο βασικά συστήματα, το σύστημα αναρρόφησης και το σύστημα τροφοδοσίας βαρύτητας/ πίεσης, χρησιμοποιώντας την πίεση του αέρα σε συνδυασμό με ένα αποξεστικό υλικό (abrasive), το οποίο συνήθως είναι επεξεργασμένη άμμος, εκτοξεύουν το υλικό μέσω ενός ακροφυσίου με πίεση και, έτσι, απομακρύνονται οι προσμίξεις από την επιφάνεια του στόχου. Ως αποξεστικά υλικά μπορούν ακόμη να χρησιμοποιηθούν πέραν της άμμου, ρινίσματα χαλκού και μικρές ψηφίδες (Un., n.d.a).



Εικόνα 3.4: Αμμοβολή σε οδοστρώματα (Sand blasting)

(Πηγή: Sandblasting, n.d.)

3.2.6. Επιφανειακή Πύρωση (Flame Scouring)

Η τεχνική της επιφανειακής πύρωσης εφαρμόζεται σε οδοστρώματα σκυροδέματος και χρησιμοποιεί φλόγιστρα ασετιλίνης (3.000 βαθμούς Celsius), τα οποία προκαλούν ελαφρά ρυτίδωση στην επιφάνεια του σκυροδέματος. «Τα φλόγιστρα μπορεί να είναι τοποθετημένα στη σειρά κατά την εγκάρσια έννοια, ώστε να δημιουργούν μια ενιαία επιφάνεια, αλλά και να έχουν διάκενα μεταξύ τους προκειμένου να σχηματίζονται πτυχώσεις». (Μουρατίδης, 2006)

3.2.7. Απόξεση (Planing)

Η απόξεση είναι μια διαδικασία αποξήλωσης της επιφανειακής στρώσης μικρού πάχους, η οποία διενεργείται με τη χρήση μηχανήματος. Το μηχάνημα φέρει μια περιστρεφόμενη οριζόντια λεπίδα, η οποία αλέθει το ασφαλτικό σκυρόδεμα και κατόπιν το υλικό οδηγείται κατευθείαν μέσα σε ένα φορτηγό. (Μουρατίδης, 2016)

Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται ευρέως στην αστική οδοποιία, καθώς η συνεχής διάστρωση ασφαλτοταπήτων δημιουργεί πρόβλημα ανύψωσης της ερυθράς της οδού. (Μουρατίδης, 2016)

Ακόμη, το πλάνισμα μιας οδού είναι μια ιδανική και οικονομικότερη εναλλακτική λύση συγκριτικά με την προμήθεια αδρανών από το λατομείο κατά την ανακατασκευή των οδοστρωμάτων, καθώς προμηθεύει με αδρανή μετά από μια διαδικασία μικρότερου κόστους, και επιπλέον τα αδρανή αυτά είναι ιδανικότερα για την κατασκευή ασφαλτομιγμάτων. (The surfacing company, n.d.)

Επιπλέον, συνιστάται ως μια μέθοδος φιλική προς το περιβάλλον, καθώς ελαχιστοποιεί τα απόβλητα της ανακατασκευής των οδοστρωμάτων (The surfacing company, n.d.).



Εικόνα 3.5: Απόξεση οδοστρώματος (Planing)

(Πηγή: The surfacing company, n.d.)

3.2.8. Διάστρωση διαλύτη

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε περιπτώσεις εξίδρωσης ασφάλτου με σκοπό τη δέσμευση της περίσσειας του συνδετικού υλικού. Ο διαλύτης που χρησιμοποιείται μπορεί να είναι το λευκό οινόπνευμα και διαχέεται σε ποσότητα 0,2 – 0,4 kg/m². Έπειτα, ακολουθεί η διάστρωση άμμου λατομείου για τη δέσμευση των υγρών ουσιών και ο καθαρισμός της επιφάνειας του οδοστρώματος. (Μουρατίδης, 2006)

Στον Πίνακα 3.2 φαίνονται συνοπτικά οι περιπτώσεις στις οποίες μπορούν να εφαρμοστούν οι ανωτέρω μέθοδοι σε ασφαλτικά οδοστρώματα και σε οδοστρώματα σκυροδέματος.

3.2.9. Επισκευές ρηγματώσεων

Η μέθοδος της επισκευής των ρωγμών (crack repairs) επιλέγεται όταν οι ρωγμές είναι στενές (1/4 – 1 ίντσα) και δεν έχουν επιδεινωθεί στα άκρα. Οι επισκευές των ρωγμών εμπίπτουν, γενικά, σε δύο κατηγορίες εργασιών: της σφράγισης και της πλήρωσης. Η σφράγιση εμποδίζει τη διείσδυση νερού και υλικών στη ρωγμή, ώστε να την κάνει «ενεργή». Ως ενεργή ονομάζεται μια ρωγμή που κινείται σημαντικά (περισσότερο από το 1/8 ίντσας) λόγω καιρικών συνθηκών ή κυκλοφοριακών φορτίων. Η πλήρωση μειώνει τη διήθηση του νερού σε μια ρωγμή μη-ενεργή. Ως υλικό επισκευής χρησιμοποιείται συνήθως το ασφαλτόμιγμα ψυχρής εφαρμογής και η ασφαλτική μαστίχη. (Orr, 2006)

3.2.10. Τοπικές επισκευές (Μπαλώματα)

Η δημιουργία μπαλωμάτων (patching) είναι μια δραστηριότητα που πραγματοποιείται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους για να διατηρήσει βατή την επιφάνεια των οδοστρωμάτων. Οι περισσότερες επιδιορθώσεις γίνονται για την πλήρωση λάκκων. Λακούβες, ρωγμές ολίσθησης και άλλες ατέλειες του οδοστρώματος μπορούν, επίσης, να επισκευαστούν καλύτερα με τοπικές επισκευές (μπαλώματα), όμως, δεν μπορούν να επιδιορθώσουν προβλήματα στη βάση. Υπάρχουν τρεις τύποι μπαλωμάτων: ψυχρού ασφαλτομίγματος, θερμού ασφαλτομίγματος «ημιμόνιμο» και επιδιόρθωσης με σπρέι (spray patching). Η τοπική επισκευή του οδοστρώματος είναι μια πολύ οικονομική μέθοδος, αν εκτελεστεί σωστά. (Orr, 2006)

3.2.11. Επισκευές περιοχών

Σε αντίθεση με την τοπική επισκευή, η επισκευή περιοχής (area repair) περιλαμβάνει μια πιο εκτεταμένη επισκευή. Η επιδιόρθωση μιας περιοχής περιλαμβάνει την περικοπή και την αντικατάσταση ενός τμήματος του δρόμου. Είναι σχετικά ακριβή μέθοδος για την επισκευή μιας περιοχής, αλλά δεδομένου ότι διορθώνει τυχόν προβλήματα στη βάση δεν είναι σπάταλη και μπορεί να είναι η καλύτερη εναλλακτική λύση για δρόμους με μικρές επικίνδυνες περιοχές. (Orr, 2006)

Πίνακας 3.2: Εφαρμογή επιφανειακών εργασιών σε ασφαλτικά οδοστρώματα και οδοστρώματα σκυροδέματος

Επεξεργασία	Ασφαλτικό οδόστρωμα	Οδόστρωμα σκυροδέματος
Ήλωση	Ναι. Μικρή διάρκεια	Ναι
Εκτομή	Ναι. Μικρή διάρκεια	Ναι
Πριονισμός	Ναι. Μικρή διάρκεια	Ναι
Υδροχλωρικό οξύ	Όχι	Ναι. Μη ασβεστολιθικά αδρανή
Εκτόξευση άμμου	Ναι. Μικρή διάρκεια	Ναι
Πύρωση	Όχι	Ναι
Απόξεση	Ναι	Ναι
Διάλυση	Ναι	Όχι
Επισκευή ρωγμών	Ναι. Μικρή διάρκεια	Ναι. Μικρή διάρκεια
Τοπικές επισκευές	Ναι. Μικρή διάρκεια	Ναι. Μικρή διάρκεια
Επισκευή περιοχών	Ναι	Ναι

(Πηγή: Μουρατίδης, 2006)

3.3. Πορώδεις ασφαλτοτάπητες

Πορώδεις ασφαλτοτάπητες (porous or pervious surfacings) ονομάζονται «οι ασφαλτικοί τάπητες υψηλής διαπερατότητας που χρησιμοποιούνται ως στρώσεις κυκλοφορίας με σκοπό την ταχεία αποστράγγιση των υδάτων μέσω των πόρων της κατασκευής» (Μουρατίδης 2006). Χαρακτηριστικό των ασφαλτομιγμάτων αυτών είναι το μεγάλο ποσοστό κενών αέρος (>18%), το οποίο επιτρέπει την γρήγορη αποστράγγιση των επιφανειακών βρόχινων υδάτων και επιφέρει μείωση του θορύβου επαφής ελαστικού/οδοστρώματος (Νικολαΐδης, 2002) . Για την επίτευξη του μεγάλου ποσοστού κενών χρησιμοποιείται στην σύστασή του μεγάλη αναλογία χονδρόκοκκων συστατικών και ενδιάμεσο κενό σε κλάσμα της κοκκομετρικής καμπύλης. (Μουρατίδης, 2006)



Εικόνα 3.6: Πορώδης ασφαλτοτάπητας

(Πηγή: Porouspavement, 2011)

3.3.1. Ιδιότητες

Η τεχνική αυτή επιλέγεται κυρίως για δύο βασικούς λόγους, οι οποίοι είναι (Μουρατίδης, 2016):

- «η αύξηση της οδικής ασφαλείας, λόγω της εξάλειψης του κινδύνου της υδρολίσθησης, καθώς και του φαινομένου εκτίναξης επιφανειακού ύδατος (πιτσίλισμα), αλλά και λόγω της βελτίωσης της ορατότητας ως προς τη σήμανση και προς τα φώτα και τους προβολείς των οχημάτων
- η μείωση του κυκλοφοριακού θορύβου, λόγω δημιουργίας κατάλληλης επιφανειακής μακροϋφής και σύστασης μίγματος».

Τα μειονεκτήματα των μιγμάτων αυτών είναι (Νικολαΐδης, 2002):

- η ταχύτερη οξείδωση της ασφάλτου,
- η μικρή αντοχή του μίγματος στις αυξομειώσεις της περιεκτικότητας της ασφάλτου,
- η μικρότερη διάρκεια ζωής σε σχέση με μίγματα κλειστού τύπου (περί τα 20 έτη),
- η μείωση της αποτελεσματικότητας και λειτουργικότητας αυτών λόγω πλήρωσης των κενών με σκόνες και άμμο,
- η απαίτηση για ύπαρξη καλής υποκείμενης στεγανής επιφάνειας με ικανοποιητική εγκάρσια κλίση,
- η μείωση της φέρουσας ικανότητας της στρώσης σε σύγκριση με μίγματα κλειστού τύπου και, τέλος,
- η απαίτηση μεγαλύτερης ποσότητας άλατος κατά τη χειμερινή συντήρηση προς αποφυγή δημιουργίας πάγου.

«Τα πρώτα τρία μειονεκτήματα επιλύονται, κατά μεγάλο βαθμό, με τη χρήση τροποποιημένης ασφάλτου, ενώ τα υπόλοιπα δεν θεωρούνται τόσο σοβαρά ώστε να μειώσουν την αποτελεσματικότητα και τη χρησιμότητα των μιγμάτων αυτών».
(Νικολαΐδης, 2002)

Εφαρμόζεται σε νέες κατασκευές σε οδούς με σημαντική κυκλοφορία και για την συντήρηση παλαιών οδοστρωμάτων. Σε περιπτώσεις εφαρμογής μεθόδου αποκατάστασης παλαιού οδοστρώματος απαιτείται ο έλεγχος επάρκειας της φέρουσας ικανότητας του υποκείμενου οδοστρώματος και της διασφάλισης της ικανοποιητικής συγκόλλησης της τελικής στρώσης.

3.4. Ασφαλοτάπητες με έμπηκτες ψηφίδες

«Η τεχνική αυτή συνίσταται στην διάστρωση ενός ασφαλοτάπητα χωρίς χονδρόκοκκα συστατικά, στην επιφάνεια του οποίου εμπήγνυται εν θερμώ προειλημμένες ψηφίδες (precoated chippings)». (Μουρατίδης, 2006)



Εικόνα 3.7: Διάστρωση θερμού ασφαλτομίγματος

(Πηγή: Summers, 2008)



Εικόνα 3.8: Διάστρωση ψηφίδων στο θερμό ασφαλτόμιγμα

(Πηγή: Summers, 2008)

3.4.1. Ιδιότητες

Αυτοί οι ασφαλτοτάπητες παρουσιάζουν ικανοποιητική αδιαπερατότητα και επαρκή μηχανική αντοχή, ιδιαίτερα έναντι ερπυσμού, και ως αποτέλεσμα διατηρούν τα επιφανειακά χαρακτηριστικά του οδοστρώματος σε καλή κατάσταση για μεγάλο χρονικό διάστημα (Μουρατίδης, 2006).

Ασφαλτικές επαλείψεις (Ασφαλτικές επιστρώσεις)

Ασφαλτικές επαλείψεις ή ασφαλτικές επιστρώσεις (surface dressings ή chip seal ή sprayed seal ή tar and chip) ονομάζονται «*οι επιφανειακές στρώσεις ασφαλτικών οδοστρωμάτων, των οποίων η κατασκευή πραγματοποιείται μέσω μιας απλής και*

συγκεκριμένης τεχνικής. Στην τεχνική αυτή, πάνω σε μια υφιστάμενη επιφάνεια κυκλοφορίας, στεγνή και καθαρή, διαχέεται συνδεδετικό ασφαλτικό υλικό (καθαρή ή τροποποιημένη άσφαλτος, γαλακτώματα, μίγματα ασφάλτων και πίσσας) και ακολουθεί η διάστρωση των αδρανών και η συμπίκνωση της στρώσεως» (Μουρατίδης, 2006).

3.4.2. Ιδιότητες

Η τεχνική των ασφαλτικών επαλείψεων δεν επιφέρει αύξηση της μηχανικής αντοχής του οδοστρώματος, ιδιαίτερα σε περίπτωση απλής (single-layer) ασφαλτικής επίστρωσης. Αντίθετα, η διπλή επίστρωση επιφέρει μια μικρή αύξηση της μηχανικής αντοχής (Μουρατίδης, 2006).

Τα μειονεκτήματα που παρουσιάζει είναι (Μουρατίδης, 2006):

- η ευαισθησία στις κλιματικές συνθήκες,
- η αδυναμία στη βελτίωση της μηχανικής αντοχής του οδοστρώματος,
- η ακαταλληλότητα σε περιπτώσεις έντονων αστοχιών επιπεδότητας (πτυχώσεων, κοιλωμάτων, παραμορφώσεων, αυλακώσεων) της επιφάνειας κυκλοφορίας,
- η συχνή εμφάνιση προβλημάτων θορύβου,
- η εμφάνιση εξίδρωσης (ανάδυση ασφάλτου) σε υψηλές θερμοκρασίες,
- η χαλαρή σύνδεση που παρουσιάζεται συχνά σε σημαντική ποσότητα αδρανών, με αποτέλεσμα τα αδρανή να εκτινάσσονται κατά την κυκλοφορία των οχημάτων και να προκαλούν φθορές σε αυτά (θραύση ανεμοθωράκων).



Εικόνα 3.9: Διάστρωση ασφαλτικής επίστρωσης

(Πηγή: Surfacedressing, n.d.)

3.5. Ασφαλτικοί λεπτοτάπητες

«Ασφαλτικοί τάπητες πάχους από 1 – 4 cm ονομάζονται λεπτοτάπητες (*thin overlays* ή *slurry seal*) και χρησιμοποιούνται ως επενδύσεις σε νέες κατασκευές, αλλά ιδιαίτερα για συντήρηση υφιστάμενων οδοστρωμάτων» (Μουρατίδης, 2006)

3.5.1. Ιδιότητες

«Οι λεπτοτάπητες συντίθενται από συμβατικά μίγματα συνεχούς κοκκομετρίας αδρανών, ενώ ως συνδετικό υλικό χρησιμοποιείται καθαρή άσφαλτος στα θερμά μίγματα και ασφαλτικά γαλακτώματα στα ψυχρά μίγματα. Σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται και τροποποιημένες άσφαλτοι. Στην αστική οδοποιία έχουν αναφερθεί και κατασκευές που χρησιμοποιούν ασφαλτικά διαλύματα (*cut-backs*) για κατασκευή στρώσεων πάχους 1,5 cm. Η διάστρωση στην περίπτωση αυτή γίνεται σε θερμοκρασία 70 – 80ο C» (Μουρατίδης, 2006)

Με τη χρήση τους επί υφισταμένων οδοστρωμάτων έχουν ως στόχο την συντήρηση και τη βελτίωση των επιφανειακών τους χαρακτηριστικών:

- Βελτιώνουν την επιφανειακή υφή του οδοστρώματος και μειώνουν την ολισθηρότητά του,
- Εξαλείφουν το φαινόμενο της εκτόξευσης ύδατος από την επιφάνεια κυκλοφορίας,
- Χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία νέων ταπήτων σε αστικές περιοχές, όπου το πάχος του ασφαλοτάπητα πρέπει να διατηρείται σε συγκεκριμένα όρια,
- Μειώνουν το θόρυβο,
- Δημιουργούν νέα στεγανή επιφάνεια στο οδόστρωμα, η οποία προστατεύει τις υποκείμενες στρώσεις.

Οι λεπτοτάπητες, κατά κανόνα, κατασκευάζονται με υψηλής ποιότητας ασφαλτικά υλικά. Ως εκ τούτου τα πλεονεκτήματά τους είναι (Μουρατίδης, 2006):

- Η υψηλή αντοχή σε κόπωση και γήρανση
- Η καλή συμπεριφορά υπό υψηλές θερμοκρασίες
- Η αντίσταση σε διάβρωση και αποκόλληση του συνδετικού υλικού (*stripping*)
- Η απλή εφαρμογή (ως ψυχρά, συνήθως, μίγματα)

- Η δυνατότητα αποκατάστασης αστοχιών επιπεδότητας.

3.6. Ανακύκλωση

Η ανακύκλωση των ασφαλικών υλικών είναι «*μια τεχνική που συνίσταται στην ανάκτηση, επεξεργασία και αναδιάστρωση των συστατικών των ασφαλοταπήτων, δηλαδή της ασφάλτου και των αδρανών*» (Μουρατίδης, 2006).

Η πρώτη ενεργειακή κρίση οδήγησε στην αύξηση του κόστους του πετρελαίου, και κατ'επέκταση και της ασφάλτου. Παράλληλα, η περιβαλλοντική επιβάρυνση εξαιτίας της ραγδαίας αύξησης των κατασκευών, καθώς και η απαίτηση για συνεχή βελτίωση, οδήγησε τη βιομηχανία να στραφεί στην ανακύκλωση. Οι πρώτες εφαρμογές πραγματοποιήθηκαν στις Η.Π.Α. στα μέσα της δεκαετίας του 1970, και αργότερα, η τεχνική επεκτάθηκε στην Ευρώπη, όπου την επόμενη δεκαετία σημείωσε εκρηκτική πρόοδο (Μουρατίδης, 2006).

Το χαρακτηριστικό των ασφαλικών οδοστρωμάτων που συμβάλλει στην συνεχή ανάπτυξη της μεθόδου αυτής είναι το μεγάλο ποσοστό ανακυκλωσιμότητά της.

Τα ασφαλικά οδοστρώματα είναι ως 100% ανακυκλώσιμα. Σύμφωνα με έρευνα του 2011 από την Federal Highway Administration και την National Asphalt Pavement Association, πολύ μικρό ποσοστό ασφαλικού οδοστρώματος, λιγότερο από 1%, διατίθεται σε χώρους υγειονομικής ταφής (Τοiyabe, 2014).

3.6.1. Προϊόντα ανακύκλωσης οδοστρωμάτων

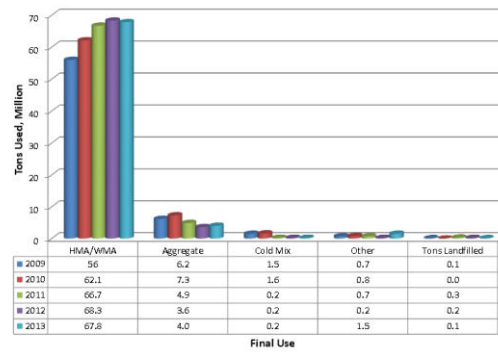
Η ανακύκλωση ενός οδοστρώματος μπορεί να γίνει είτε σε μεγάλη κλίμακα (επιτόπια ανακύκλωση ασφάλτου ή ανακύκλωση ασφάλτου σε μόνιμες εγκαταστάσεις) είτε σε μικρότερη κλίμακα. Στην ανακύκλωση ασφάλτου μικρής κλίμακας, το ασφαλικό υλικό που λαμβάνεται διαχωρίζεται σε τρεις διαφορετικές κατηγορίες (Τοiyabe, 2014):

- *Cookies ασφαλτόστρωση*. Πρόκειται για κομμάτια του φυσικού ασυμπίεστου θερμού ασφαλτομίγματος που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επιδιόρθωση λακκουβών. Η χρήση των κομματιών αυτών έχει ερευνηθεί ότι είναι μια λιγότερο

- ακριβή, με μικρότερης έντασης εργασία και πιο ανθεκτική εναλλακτική λύση για την επισκευή λακκουβών (μπαλώματα) με ψυχρό ασφαλτόμιγμα.
- *Ανακυκλωμένο ασφαλτικό οδόστρωμα* (reclaimed asphalt pavement, RAP). Κομμάτια ασφάλτου που έχουν αφαιρεθεί από ένα δρόμο, ένα πάρκινγκ ή μια δευτερεύουσα οδό θεωρούνται RAP. Επειδή η ασφαλτική στρώση έχει συμπιεστεί, το RAP είναι ένα πυκνότερο υλικό της ασφάλτου και συνήθως χρειάζεται περισσότερο χρόνο για να ανακυκλωθεί από ότι η ασφαλτόστρωση cookies.
 - *Ασφάλτος ως προϊόν φρεζαρίσματος* (Millings asphalt). Μικρά κομμάτια ασφάλτου που παράγονται με μηχανική λείανσης των επιφανειών της ασφάλτου ονομάζονται asphalt millings. Μεγάλα τμήματα millings που έχουν μια πλούσια, μαύρη απόχρωση που δείχνει την υψηλή τους περιεκτικότητα σε άσφαλτο είναι καλύτερα για τον σκοπό της ανακύκλωσης της ασφάλτου. Οι επιφάνειες που φρεζάρονται συνιστάται να γίνεται σε πλήρες βάθος (full depth milling), όταν επιλέγονται για ανακύκλωση φρεζαρισμένα ασφαλτικά. Η φρεζαρισμένη άσφαλτος πλήρους βάθους περιέχει, συνήθως, προσμίξεις υπόβασης, όπως χαλίκι, λάσπη και άμμο. Αυτές οι προσμίξεις της υπόβασης διαφεύγουν από την αρχική άσφαλτο με πετρέλαιο, το οποίο στεγνώνει το υλικό κατά τη διαδικασία της ανακύκλωσης.

Σημειώνεται, ακόμη, ότι η άσφαλτος που προέρχεται από άσφαλτο είναι καλύτερη από την άσφαλτο που προέρχεται από σκυρόδεμα. Όταν φρεζαριστεί το ασφαλτικό σκυρόδεμα, η σκόνη που δημιουργείται δεν είναι συμβατή με ασφαλτικά προϊόντα, διότι δεν είναι άσφαλτος.

Σύμφωνα με στοιχεία που συνέλεξε η NAPA (2014c), η χρήση των υλικών RAP τα τελευταία χρόνια απεικονίζεται στην Εικόνα 3.10, στην οποία παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των RAP αξιοποιείται σε θερμά ασφαλτομίγματα.



Εικόνα 3.10: Τόνοι χρησιμοποιούμενων RAP στις ΗΠΑ κατά τα έτη 2009-2013

(Πηγή: NAPA, 2014c)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4. ΚΑΙΝΟΤΟΜΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

4.1. Γενικά

Η τάση στην κατασκευή και συντήρηση οδοστρωμάτων περιλαμβάνει την ανάπτυξη νέων υλικών και τεχνικών που στόχο έχουν τη μείωση του κόστους, τη βελτίωση της ποιότητας, άρα κατά συνέπεια τη μεγαλύτερη αντοχή σε φθορές, αλλά και τον περιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Από τις πλέον διαδομένες μεθόδους είναι η αντικατάσταση των αδρανών με τη χρήση είτε εναλλακτικών υλικών είτε υλικών που μπορούν να ανακυκλωθούν. Ακόμη, μπορούν να εφαρμοστούν τεχνικές θραύσης με λιγότερη κατανάλωση ενέργειας. Όσον αφορά τα εναλλακτικά υλικά, χρησιμοποιούνται τόσο στην παραγωγή όσο και στην οδοστρωσία μιγμάτων ασφάλτου και σκυροδέματος.

4.2. Καινοτόμα υλικά στην κατασκευή οδοστρωμάτων

4.2.1. Προκατασκευασμένα στοιχεία σκυροδέματος σε οδικά έργα – Μηχανικές Ύλες Τσιμέντου (Engineered Cementious Composites – ECC)

Στην κατασκευή ενός δύσκαμπτου οδοστρώματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν προκατασκευασμένα προτεταμένα τμήματα σκυροδέματος. Το μήκος τους είναι 3-4,5 μέτρα και καλύπτουν μία ή δύο λωρίδες κυκλοφορίας. Στα πλεονεκτήματά τους συγκαταλέγονται η ταχύτατη εγκατάσταση δημιουργώντας ελάχιστη ενόχληση στην κυκλοφορία και η συναρμολόγηση ανεξάρτητα των καιρικών συνθηκών. Τα πάνελ παράγονται σε εργοστάσιο προκατασκευασμένων με καθορισμένα υλικά, μορφοποιούνται και ενοποιούνται κατάλληλα και σκληραίνουν υπό ελεγχόμενες συνθήκες, ελαχιστοποιώντας την πιθανότητα λαθών και εμφάνισης απροόπτων στην κατασκευή (Van Dam et al., 2011).

Η τοποθέτησή τους μπορεί να γίνει είτε σε ώρες χαμηλής κυκλοφορίας (νυχτερινές ώρες), είτε και εκτός του έργου σε ένα ήδη προετοιμασμένο έδαφος ή σε ένα υφιστάμενο παλαιότερο οδόστρωμα. Στην πρώτη περίπτωση το αποτέλεσμα διαρκεί για μεγάλο χρονικό διάστημα, μειώνοντας την ανάγκη συχνών συντηρήσεων και συνεπώς και των

διαστημάτων ανακοπής της κυκλοφορίας, ενώ στη δεύτερη περίπτωση επιτρέπεται η δυνατότητα για κατασκευή ελαφρύτερων κατασκευών, πιο ανθεκτικών και κατασκευασμένων με αυστηρότερους ελέγχους, αλλά και η χρήση εναλλακτικής στρώσης κυκλοφορίας των οδοστρωμάτων με ειδικά επιφανειακά χαρακτηριστικά ή με φωτοκαταλυτικό οδόστρωμα ή υψηλής ανακλαστικότητας επιφάνεια (Van Dam et al., 2011).

Η ανάπτυξη των προκατασκευών στα δομικά έργα έγινε μέσω της ανάπτυξης ορισμένων μηχανικών υλών τσιμέντου. Πρόκειται για ιδιαίτερα όλκιμα υλικά με βάση το τσιμέντο, τα οποία παρουσιάζουν ελαστικότητα και πλαστικότητα όπως τα όλκιμα μέταλλα και ικανότητα για 500 – 600 φορές μεγαλύτερη καταπόνηση από το σκυρόδεμα. Τα συστατικά των μιγμάτων των προκατασκευών είναι παρόμοια με αυτά του οπλισμένου σκυροδέματος, όπως το τσιμέντο, η άμμος, το νερό, οι ίνες και τα χημικά πρόσθετα. Λόγω της ολκιμότητας το είδος των υλών τσιμέντου έχει μεγάλη ανθεκτικότητα και, επομένως, μπορούν να περιληφθούν στα συστατικά του βιομηχανικά απόβλητα, όπως είναι η ιπτάμενη τέφρα, απόβλητα άμμου χυτηρίων και σκόνη τσιμεντοκαμίνου, χωρίς να υφίσταται επιπτώσεις στην επίδοση.

Λόγω της υψηλής ολκιμότητας είναι δυνατόν τα συστατικά των μηχανικών υλών τσιμέντου να είναι κοχλιωμένα μεταξύ τους, παρόμοια με μεταλλικά εξαρτήματα. Αυτό συμβάλλει στην επιτάχυνση της κατασκευής και επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση των δομικών τμημάτων. Κάτι τέτοιο, όμως, δεν μπορεί να εφαρμοστεί όταν τα προκατασκευασμένα κομμάτια πρέπει να συνδεθούν με τσιμέντο επί του έργου, λόγω του ότι είναι εύθραυστα.

Τα υλικά αυτά είναι κατάλληλα να χρησιμοποιηθούν στις προκατασκευές οδικών έργων. Η ταχύτητα και η αποδοτικότητα των προκατασκευών μπορεί να βελτιωθεί μέσω της προσέγγισης της βιωσιμότητας με μικρότερους χρόνους κατασκευής και εργασιών, αλλά και δημιουργώντας μικρή ποσότητα αποβλήτων (Lerech, 2010).

Σημαντικό είναι να αναφερθούν τα περιβαλλοντικά οφέλη. Το κυριότερο πλεονέκτημά τους είναι η εξοικονόμηση υλικών. Επιτυγχάνεται σε προκατασκευασμένα πάνελ που κατασκευάζονται σε εργοστάσια, καθώς αυτά σκληρύνονται με ατμό, και έτσι,

χρησιμοποιείται λιγότερο σκυρόδεμα και περισσότερο ανακυκλωμένα υλικά, όπως τέφρα και σκωρία υψικαμίνου. Επιπρόσθετα, η χρήση προεκτεταμένου σκυροδέματος επιτρέπει τη μείωση του πάχους της πλάκας σκυροδέματος, οδηγώντας σε μείωση έως 42% στην κατανάλωση υλικών. Ακόμη, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις περιορίζονται καθώς τα ελαφρύτερα και λεπτότερα πάνελ είναι ευκολότερο να μεταφερθούν στο έργο (Hertel, 2012).

Τέλος, τα προκατασκευασμένα πάνελ από σκυρόδεμα μπορούν να εφαρμοσθούν και στην περίπτωση αποκατάστασης ενός οδοστρώματος με την αντικατάσταση του αποσπασμένου τμήματος με προκατασκευασμένες πλάκες (Hertel, 2012).



Εικόνα 4.1: Τοποθέτηση προκατασκευασμένου πάνελ από σκυρόδεμα

(Πηγή: Tyson S. and Merritt D, 2005)

4.2.2. Φωτοκαταλυτικά υλικά

Τα φωτοκαταλυτικά υλικά έχουν την ικανότητα να διαλύουν τα οξείδια του αζώτου που σχηματίζονται όταν καίγονται καύσιμα σε υψηλές θερμοκρασίες, όπως καύσιμα αυτοκινήτων, αεροσκαφών, κλπ. Τα υλικά αυτά αναπτύχθηκαν με τη βοήθεια της νανοτεχνολογίας και σκοπός τους είναι η μείωση των επιπτώσεων των αερίων ρύπων, τόσο στο περιβάλλον όσο και στον άνθρωπο. Ειδικότερα, μπορεί να προληφθεί ο σχηματισμός όζοντος, η αιθαλομίχλη μέχρι και φωτοχημικές αντιδράσεις με υδρογονάνθρακες. Παρακάτω παρουσιάζεται η διαδικασία δράσης των υλικών αυτών (Κατσιώτης, n.d.).

Το φωτοκαταλυτικό σκυρόδεμα περιέχει τους φωτοκαταλύτες, οξειδία μετάλλων ή σουλφίδια με κυρίαρχο το διοξείδιο του τιτανίου ανάμεσα σε αυτά. Το διοξείδιο του τιτανίου προτιμάται λόγω της ισχυρής οξειδωτικής ισχύος στην υπεριώδη ακτινοβολία, της χημικής του σταθερότητας και της μη τοξικότητας. Ανάλογα στους φωτοκαταλύτες οι ιδιότητες που εμπεριέχονται είναι η αδράνειά τους στην απουσία του φωτός, η πολύ καλή δυνατότητα διάσπασης ανόργανων και οργανικών ουσιών, η ευκολία στη χρήση τους, το χαμηλό τους κόστος και η αντίσταση στη φωτοδιάσπαση. Λόγω αυτών των ιδιοτήτων, λοιπόν, στην επιφάνεια του οδοστρώματος, και με την βοήθεια του άπλετου φωτός του ηλίου και της υπεριώδους ακτινοβολίας, γίνεται διάλυση των οξειδίων του αζώτου σε νιτρικά άλατα, τα οποία απομακρύνονται εύκολα με το νερό της βροχής. Επιπλέον, το διοξείδιο του τιτανίου παγιδεύει και διαχωρίζει βλαβερές οργανικές ενώσεις από τον αέρα, καθαρίζοντάς τον από αυτές (Κατσιώτης, n.d.).

Επίσης, τα φωτοκαταλυτικά υλικά συντελούν και στον αποκαθαρισμό τους. Σε αντίθεση με το σκυρόδεμα, όπου οι ρύποι σταθεροποιούνται μέσα στους πόρους, σε περίπτωση πλυσίματος το στρώμα νερού έλκεται μεταξύ του ρύπου και της επιφάνειας παρασέρνοντας τους ρύπους μαζί του και απομακρύνοντας τους (Κατσιώτης, n.d.).

Συμπεραίνεται ότι η καινοτόμα αυτή μέθοδος είναι προσοδοφόρα όταν χρησιμοποιείται, καθώς επιδρά θετικά στην αέρια ρύπανση, χωρίς την επιπλέον χρήση αντιδραστήρων, και επιπλέον τα παραγόμενα νιτρικά άλατα μπορούν να διατεθούν ως ανακυκλώσιμο υλικό για την παρασκευή λιπασμάτων.

4.2.3. Ασφαλτομίγματα χαμηλών θερμοκρασιών

Όπως ήδη αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 1.4.1., τα ασφαλτομίγματα διακρίνονται σε ζεστά, θερμά και ψυχρά. Η μείωση της θερμοκρασίας παραγωγής και διάστρωσής τους, καθώς και η χρήση των ψυχρών ασφαλτομιγμάτων έχουν σημαντικά περιβαλλοντικά – και όχι μόνο – οφέλη. Αναλυτικότερα, αυτά είναι (NAPA, 2010):

- Η μικρότερη κατανάλωση ποσοτήτων ενέργειας και καυσίμων, η οποία έχει αποτέλεσμα την ελάττωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου,
- Ο μικρότερος χρόνος θέρμανσης και η παραγωγή λιγότερου ποσοστού σκόνης, εκπομπών και οσμών, που επιδρούν θετικά στους εργαζομένους,

- Η χρήση τους σε περιοχές οδοστρωμάτων που δεν μπορούν να επιτευχθούν οι θερμοκρασίες του συμβατού ασφαλτομίγματος και η παράταση του χρόνου διάστρωσής τους,
- Ο αυξημένος χρόνος ζωής τους χάρης στη μικρή πιθανότητα γήρανσης και ρηγμάτωσης του συνδετικού υλικού και στην αποδοτικότερη συμπύκνωση με τη χρήση λιγότερης ενέργειας εξαιτίας του χαμηλότερου ιξώδους,
- Η δυνατότητα αξιοποίησης των ανακυκλώσιμων υλικών,
- Η μείωση του κόστους των καυσίμων.

4.2.4. Οδοστρώματα σκυροδέματος «<Roller – Compacted Concrete Pavement>>

Στα έργα οδοποιίας το σκυρόδεμα αποτελεί βασικό συστατικό. Όμως, το τσιμέντο Πόρτλαντ εκπέμπει με τη χρήση του μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα, με αποτέλεσμα να έχουν ανακαλυφθεί νέοι τρόποι μείωσης των επιπτώσεων αυτού. Μία νέα τεχνική που χρησιμοποιείται είναι το Roller – Compacted Concrete Pavement. Αυτό περιέχει τα συστατικά του συμβατού τύπου σκυροδέματος, αλλά σε διαφορετικές αναλογίες, περιέχοντας λιγότερο υλικό τσιμέντου και πλήρωσης. Τα θετικά που προσφέρει είναι η χρήση ανακυκλώσιμων υλικών, η υψηλή επιφανειακή ανακλαστικότητα, η γρήγορη κατασκευή και το ότι δεν είναι δαπανηρό σχετικά με τα συμβατικά οδοστρώματα (Van Dam et al., 2011).



Εικόνα 4.2: Τοποθέτηση οδοστρώματος Roller – Compacted Concrete

(Πηγή: Van Dam et al., 2011)

4.3. Καινοτόμα υλικά στον εξοπλισμό οδοστρωμάτων

4.3.1. Τεχνολογίες «<SmartHighway>

Το στούντιο Roosengaarde και η εταιρία Heijmans στην Ολλανδία έχουν εφαρμόσει ορισμένες καινοτόμες ιδέες, όταν στην χώρα γίνονται πολλές έρευνες πάνω στην ανάπτυξη του σύγχρονου, ανταποκρινόμενου στις επιταγές του αιώνα, «Έξυπνου Αυτοκινητοδρόμου» (Smart Highway).

Μία από τις ιδέες αυτές είναι οι «Glowing Lines». Μια φωσφορίζουσα πούδρα αντικαθιστά τις βαμμένες διαγραμμίσεις. Αυτή η πούδρα φορτίζεται από τον ήλιο κατά τη διάρκεια της ημέρας και φωσφορίζει έως και 10 ώρες κατά τη διάρκεια της νύχτας, εξαλείφοντας την ανάγκη επιπλέον φωτισμού στην οδό. Στην Εικόνα 4.3 παραθέτεται το αποτέλεσμα αυτής της εφαρμογής.



Εικόνα 4.3: Καινοτομία <<GlowingLines>>

(Πηγή: Mogg, 2014)

Μία άλλη καινοτομία αποτελεί η «Dynamic Paint», μία ειδική βαφή που παρέχει πληροφορίες στους χρήστες της οδού αναλόγως της θερμοκρασίας που επικρατεί. Η ίδια ενεργοποιείται από τη θερμοκρασία. Τα μηνύματα που στέλνονται στους χρήστες είναι οπτικά πάνω στην επιφάνεια του οδοστρώματος. Για παράδειγμα, όταν το οδόστρωμα είναι ολισθηρό και κρύο εμφανίζονται πάνω του κρύσταλλοι πάγου που πληροφορούν για τις συνθήκες τους χρήστες, όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.4.

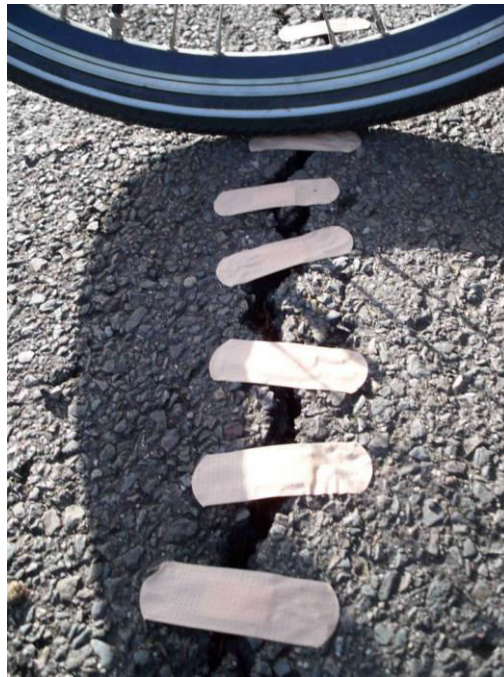


Εικόνα 4.4: Καινοτομία «DynamicPaint»
(Πηγή: Mogg, 2014)

4.3.2 Αυτοθεραπευτική ασφάλτος

Ακόμα μια καινοτομία αποτελεί η αυτοθεραπευτική ασφάλτος. Πρόκειται για μια παρέμβαση η οποία επιτυγχάνεται με την προσθήκη ινών χάλυβα. Αυτό εξασφαλίζει ότι η ασφάλτος δεν χρειάζεται να αντικατασταθεί αλλά να επισκευαστεί μόνο. Οι ίνες χάλυβα μπορούν να θερμάνουν το κονίαμα στην ασφάλτο χρησιμοποιώντας επαγωγική θέρμανση. Δηλαδή, τα μόρια σιδήρου μπορούν να θερμανθούν επαγωγικά μέσω μιας ταχείας μεταβολής του μαγνητικού πεδίου. Με την εφαρμογή αυτής της τεχνικής στην ασφάλτο, οι ίνες χάλυβα αποδίδουν αμέσως θερμότητα στο κονίαμα με αποτέλεσμα να λιώσει σύντομα και έτσι η ασφάλτος να επανέλθει στην αρχική της δομή.

Τα οφέλη της αυτοθεραπευτικής ασφάλτου είναι ότι απαιτείται λιγότερη εργασία στους δρόμους, προκαλώντας λιγότερη κυκλοφοριακή συμφόρηση. Επιπλέον, η επισκευή της ασφάλτου με την επαγωγική μέθοδο είναι πιο οικονομική από την πλήρη αντικατάσταση της. Τέλος, η μικτή ασφάλτος, η οποία περιέχει τις ίνες, ενισχύει την επιφάνεια του δρόμου και προκαλούνται λιγότερες ρωγμές.



Εικόνα 4.5: Αυτοθεραπευτική άσφαλτος

(Πηγή: <https://www.self-healingmaterials.com/self-healing-asphalt/>)

4.4 Ανακυκλώσιμα υλικά σε ασφαλτομίγματα

Η προστασία των φυσικών πόρων, η μείωση του αρχικού κόστους μέσω της μη απαίτησης διάθεσης των απορριμμάτων των οδικών έργων σε χώρους υγειονομικής ταφής και η ανεπάρκεια αδρανών υψηλής ποιότητας οδηγούν στην ολοένα και μεγαλύτερη ανάπτυξη της αξιοποίησης των ανακυκλώσιμων υλικών. Η μέθοδος εφαρμόζεται όλο και περισσότερο στην συντήρηση οδικών έργων μέσω της χρήσης ανακυκλώσιμων ή άλλων εναλλακτικών υλικών. Τα υλικά αυτά μπορεί να προέρχονται από:

- Κατεδαφίσεις και κατασκευές (πλακάκια, σκυρόδεμα, τούβλα),
- Οδοποιία (άσφαλτος),
- Εκσκαφές.

Τα ανακυκλωμένα υλικά περιορίζουν ή και αντικαθιστούν τη χρήση των αδρανών, όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 3.7, αλλά αξιοποιούνται και ως υλικά πλήρωσης έναντι της ασφάλτου και του σκυροδέματος Πόρτλαντ στα ασφαλτικά οδοστρώματα και στα οδοστρώματα σκυροδέματος. Εδώ, το ζήτημα προσεγγίζεται από την πλευρά των

υλικών που χρησιμοποιούνται ως συστατικά ή ως πρόσθετα σε μίγματα οδοστρωμάτων.

Η καταλληλότητα για την εκάστοτε χρήση των ανακυκλωθέντων υλικών προσδιορίζεται από τα φυσικά χαρακτηριστικά, τη διάρκεια ζωής, τη γεωτεχνική συμπεριφορά, και τη συμβατότητά τους με το περιβάλλον (Edil, 2013), ενώ η ποιότητά τους συνολικά εξαρτάται από την ποιότητα των υλικών που υποβάλλονται σε επεξεργασία, τη μέθοδο επεξεργασίας και διαχωρισμού που χρησιμοποιείται, καθώς και τον βαθμό της τελικής επεξεργασίας που υφίστανται.

Σε κάθε περίπτωση τα ανακυκλώσιμα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι διαφορετικά. Υλικά πλήρωσης στην παραγωγή ασφαλτικού οδοστρώματος αποτελούν το καουτσούκ ελαστικών, η ιπτάμενη τέφρα, το γυαλί, τα ασφαλτικά σανίδια σκεπής, οι σκωρίες και η πορσελάνη, ενώ για αντικατάστασή του εφαρμόζονται καουτσούκ ελαστικών, ασφαλτικά σανίδια και απόβλητα πολυμερών. Από την άλλη, ως υποκατάστατο αδρανούς στην παραγωγή σκυροδέματος με τσιμέντο Πόρτλαντ εμφανίζονται η ιπτάμενη τέφρα, η πυριτική παιπάλη, οι κόκκοι σκωρίας υψικαμίνου, η πορσελάνη και η τοιχοποιία από πηλό. Τα τρία πρώτα υλικά που προαναφέρθηκαν μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως αντικατάσταση του συνδετικού υλικού για το σκυρόδεμα αυτό, ενώ ως εναλλακτικά υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα ελαστικά οχημάτων, οι οργανικοί διαλύτες και οι εκπομπές σωματιδίων. (Gadja and VanGeem, 2001).

Παρακάτω αναφέρονται λεπτομερέστερα τα διάφορα ανακυκλώσιμα υλικά που παρουσιάζονται στα έργα οδοποιίας, μειώνουν τις επιπτώσεις τους προς το περιβάλλον και είναι φιλικά προς αυτό.

4.4.1. Ανακυκλωμένο ασφαλτικό οδόστρωμα (Recycled Asphalt Pavement)

Παρασκευάζεται με αφαίρεση και επεξεργασία του ασφαλτικού οδοστρώματος που ήδη υπάρχει σε οδική αρτηρία, με αποτέλεσμα να μειώνει τις ποσότητες ασφάλτου που απαιτούνται. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για την παρασκευή ζεστού όσο και ψυχρού ασφαλτομίγματος.

Ως ζεστό ασφαλτόμιγμα εφαρμόζεται σε εύκαμπτη βάση, έχοντας κάποιες φορές και καλύτερη συμπεριφορά όσον αφορά την ακαμψία, τη σκληρότητα και την ψύξη – απόψυξη συγκριτικά με τα φυσικά αδρανή. Εφαρμοζόμενο κατά 30% σε επιστρώσεις έχει παρατηρηθεί ότι δεν μεταβάλλει την συμπεριφορά του οδοστρώματος, ενώ είναι πιο ανθεκτικό στη γήρανση και στη δράση νερού σε σχέση με το ασφαλτόμιγμα φυσικών αδρανών (Hertel, 2012).

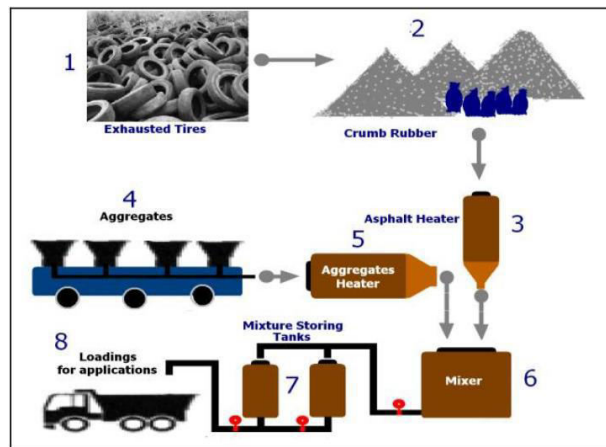
Τα πλεονεκτήματα, λοιπόν, που προκύπτουν από τη χρήση του είναι η μείωση των απαιτούμενων φυσικών πόρων και των αποβλήτων που αναπόφευκτα προκύπτουν από τις υποδομές. Με τον τρόπο αυτό, μειώνεται και το κόστος των κατασκευών, αφού δεν απαιτούνται νέοι χώροι απόθεσης και μεταφοράς των αποβλήτων, ενώ ελαττώνεται και η κατανάλωση ενέργειας.

4.4.2. Ανακυκλωμένα ασφαλτικά σανίδια

Τα ανακυκλωμένα ασφαλτικά σανίδια προέρχονται από παροπλισμένες σκεπές και κομμάτια μόνωσης, που περιέχουν ίνες, σκληρούς κόκκους πετρωμάτων, υλικά πληρώσεων και 30% περίπου ασφαλτομάζα κατά βάρος. Αν και εμπεριέχουν τη δυσκολία αφαίρεσης από αυτά ξένων σωμάτων (καρφιά, επικαλύψεις), προσφέρουν τα πλεονεκτήματα του περιορισμού στη χρήση φυσικών πόρων, καθώς και της μείωσης των αυλακώσεων και των ρηγματώσεων που δημιουργούνται λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στο οδόστρωμα (Hertel, 2012).

4.4.3. Ανακυκλωμένα ελαστικά

Ως υποκατάστατο στην οδοστρωσία χρησιμοποιούνται τα παλιά ελαστικά των οχημάτων. Από την ανακύκλωση αυτών προκύπτει ένα υλικό, οι ίνες χάλυβα, που αυξάνει τη συνοχή των μιγμάτων και προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα έναντι της ασφάλτου και του σκυροδέματος. διαδικασία παραγωγής μπορεί να είναι υγρού ή ξηρού τύπου. Τα ολόκληρα χρησιμοποιημένα ελαστικά μετατρέπονται σε μορφή σκόνης, η οποία μαζί με τη θερμή άσφαλτο και τα αδρανή αναμιγνύεται παράγοντας το τελικό προϊόν. Η διαδικασία απεικονίζεται στην Εικόνα 4.5 (Sulyman et al., 2014).



Εικόνα 4.6: Διαδικασία παραγωγής ασφαλτομίγματος με ανακυκλωμένα ελαστικά

(Πηγή:Sulymanetal., 2014)

Σύμφωνα με έρευνες είναι 12% φθηνότερο, ενώ εάν ληφθεί υπ'όψιν ο κύκλος ζωής του, περιορίζει την κατανάλωση ενέργειας κατά 40%. Επίσης, διπλή είναι και η οικολογική του ωφέλεια, αφού βοηθά στην επαναχρησιμοποίηση ενός προϊόντος από τα εργοστάσια ανακύκλωσης ελαστικών, που υπό άλλες συνθήκες θα κατέληγε στις χωματερές. Αυτό συμβαίνει λόγω του ότι μεγάλη ποσότητα καουτσούκ, που δεν μπορεί να αξιοποιηθεί από τη χαλυβουργία, εμπεριέχεται στο χάλυβα ακόμα και μετά τον διαχωρισμό, παρόλο που αυτός αντιστοιχεί στο 15% του βάρους ενός λάστιχου. Συγκεκριμένα, οι ποσότητες που μένουν αναξιοποίητες είναι μεγάλες, αναλογιζόμενοι ότι μόνο στην Ευρώπη ανακυκλώνονται ετησίως 2,3 εκατομμύρια τόνοι ελαστικών.

Στα παραπάνω πλεονεκτήματα μπορεί να συνοπολογιστεί και το γεγονός ότι το ανακυκλώσιμο αυτό υλικό είναι πλήρως ανακυκλώσιμο και μετά το τέλος της ζωής του, σε αντίθεση με την άσφαλο, αφού με κατάλληλη κατεργασία μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί για νέο οδόστρωμα. Επίσης, σύμφωνα με πειράματα που πραγματοποιήθηκαν σε επιστημονικά ιδρύματα που συμμετείχαν στο ευρωπαϊκό πρόγραμμα Ecolanes, μέσα σε αυτά και το πανεπιστήμιο του Σέφιλντ, αποδείχθηκε ότι το υλικό μπορεί να ανταπεξέλθει σε αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως είναι οι ακραίες θερμοκρασίες και η υψηλή υγρασία, χωρίς να εμφανίσει φθορές. Επιπρόσθετα, μετά από προσθήκη μιας πολύ λεπτής επίστρωσης από άσφαλο πάνω στην οδό

επιλύθηκαν προβλήματα αυξημένου θορύβου και κραδασμών, μειώνοντας κατά συνέπεια την κατανάλωση καυσίμου των διερχόμενων οχημάτων μέχρι και 10%.

Όσον αφορά τις μηχανικές του ιδιότητες, αυξάνει, σύμφωνα με έρευνες, την ευκαμψία των οδοστρωμάτων περιορίζοντας έως και 20% την εμφάνιση ρωγμών. Το υλικό αυτό παρουσιάζει μεγαλύτερη αντοχή έναντι της ασφάλτου, συγκεκριμένα εμφανίζει ελάχιστες φθορές σε διάρκεια 30-40 ετών, συνεπάγοντας μικρότερα έξοδα συντήρησης και καθιστώντας το φιλικότερο προς το περιβάλλον, αφού δεν χρειάζεται συχνά επιδιορθώσεις (Hertel, 2012).

Τα μειονεκτήματα που εμφανίζονται από τη χρήση αυτού του ανακυκλώσιμου υλικού είναι η μείωση της εργασιμότητας του μίγματος από τη χρήση των ελαστικών, απαιτώντας έτσι υψηλότερες θερμοκρασίες για τη συμπύκνωσή του, με αποτέλεσμα να χρειάζεται μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας και να προκύπτει μεγαλύτερο κόστος (Hertel, 2012).

4.4.4. Ανακυκλωμένο γυαλί

Το ανακυκλωμένο γυαλί, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υλικό αδρανούς προσμίγματος και διατηρεί τις αρχικές του ιδιότητες μετά την ανακύκλωσή του, δεν είναι κατάλληλο για χρήση σε στρώσεις κυκλοφορίας και επηρεάζει τη συμπεριφορά του οδοστρώματος. Το πρώτο συμβαίνει εξαιτίας της εμφάνισης αδύναμης πρόσφυσης με την ασφάλτο, η οποία δημιουργεί εκδορές, ενώ το δεύτερο εξαιτίας των προσμίξεων που περιέχει, όπως είναι η ζάχαρη, το χαρτόνι και το χαρτί, καθιστώντας το ακατάλληλο υλικό ως υποκατάστατο αδρανούς (Hertel, 2012).

4.4.5. Ανακυκλωμένο σκυρόδεμα

Το ανακυκλώσιμο σκυρόδεμα είναι κατάλληλο να χρησιμοποιηθεί στις στρώσεις βάσης των εύκαμπτων οδοστρωμάτων. Προέρχεται από σύνθλιψη οδοστρώματος σκυροδέματος σε συγκεκριμένη διαβάθμιση, από κράσπεδα και πεζοδρόμια. Κατά την χρήση του για την παρασκευή νέου σκυροδέματος πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν ότι πρέπει να αφαιρεθούν από αυτό θραύσματα και ότι εμπεριέχονται κομμάτια χάλυβα σπλισμού.

Κύρια διαφορά του με το ανακυκλωμένο ασφαλτικό οδόστρωμα είναι η υψηλή του ικανότητα συγκράτησης νερού και υγρασίας, παρά τη μεγάλη ικανότητα αποστράγγισης, ενώ σημαντικό είναι να αναφερθεί πως αποτελεί άνυδρο σκυρόδεμα, το οποίο αντιδρώντας με το νερό αυξάνει την αντοχή και τον χρόνο ζωής του (Edil, 2013).

4.4.6. Ιπτάμενη τέφρα και τέφρα κλιβάνου

Η ιπτάμενη τέφρα είναι ένα λεπτόκοκκο υλικό που προκύπτει από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μετά την καύση άνθρακα. Αποτελεί ένα απόβλητο υλικό, λοιπόν, σε μορφή σκόνης και σωματιδίων. Χρησιμοποιείται έναντι του τσιμέντου, πρόσθετο στο σκυρόδεμα (προσδίδοντας αντοχή μεγαλύτερης διάρκειας ζωής), διαβρωτικό πλήρωσης, παράγοντα σταθεροποίησης του υπεδάφους οδού και υλικό βάσης για οδοστρώματα σε μαλακό υπέδαφος (Edil, 2013).

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει χρησιμοποιούμενο ως σταθεροποιητής του υπεδάφους οδού είναι η αύξηση της ακαμψίας, της αντοχής και η ανθεκτικότητα στην ψύξη – απόψυξη, καθώς και βελτίωση σε πολλές ιδιότητες. Επίσης, εμφανίζει μεγάλη ικανότητα αποστράγγισης και κάτω από πολύ δυσμενείς συνθήκες, λόγω της μεγάλης διαπερατότητάς της. Μειώνει την υδραυλική αγωγιμότητα, τη διόγκωση και την πλαστικότητα και αυξάνει από την άλλη τον έλεγχο συμπιεστότητας του εδάφους και την υγρασία. Ως υποκατάστατο του τσιμέντου, συμβάλλει στον περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας, καθώς οι διαδικασίες των ενεργειακών απαιτήσεων αντικαθίστανται. Τέλος, όπως και σε όλες τις περιπτώσεις ανακυκλωμένων υλικών, δεν απαιτείται επιπλέον χώρος απόθεσης των υλικών σε χώρους υγειονομικής ταφής και μετά από διαδικασίες ελέγχου και αξιολόγησης του υπεδάφους, είναι δυνατόν να εξαλειφθεί ο κίνδυνος μόλυνσης των υπογείων υδάτων, σε αμμώδη εδάφη με υψηλή ικανότητα υδραυλικής αγωγιμότητας και σε υπόγεια ύδατα με μικρό σχετικά βάθος (Edil, 2013).

Η τέφρα κλιβάνου είναι κατάλληλη για χρήση ως υλικό βάσης οδοστρωσίας, υλικό κατασκευής οδοστρωμάτων πάνω σε μαλακό υπέδαφος, λεπτό αδρανές για τη στρώση κυκλοφορίας, διαρθρωτικό υλικό πλήρωσης και προϊόν ελέγχου του πάγου. Είναι πολύ

κοντά με το κλίνκερ τσιμέντου, οπτικά με τα φυσικά αδρανή - αλλά είναι ελαφρύτερη και πιο εύθραυστη – και έχει αποστραγγιστική ιδιότητα όπως και η άμμος (Edil, 2013).

4.5. Εφαρμογή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα οδοστρώματα

Οι καθαρές μορφές ενέργειας, όπως είναι για παράδειγμα η ηλιακή ενέργεια, η αιολική, η γεωθερμική κλπ., είναι δυνατόν να συμβάλλουν φιλικά προς το περιβάλλον μέσα στην αντιμετώπιση του προβλήματος της κατανάλωσης ενέργειας σε όλους τους τομείς. Στη συγκεκριμένη κατεύθυνση, θα λειτουργούσε προς όφελος της βιώσιμης ανάπτυξης η παραγωγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις περιοχές των οδικών έργων. Αυτά βρίσκονται σε άμεση συσχέτιση με το περιβάλλον και για αυτό το λόγο είναι εφικτή η εκμετάλλευση της ενέργειας από φυσικές πηγές. Είναι γεγονός πως τα οδικά έργα καταλαμβάνουν μεγάλες εκτάσεις γης, συνεπώς, προσφέρονται για την παραγωγή ενέργειας με την εκμετάλλευση των εκτάσεων αυτών.

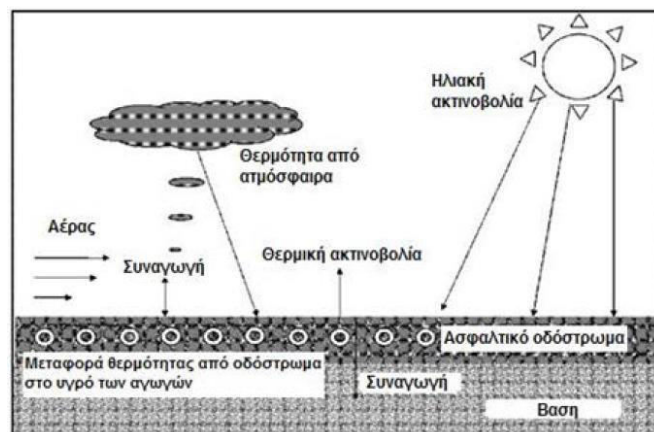
4.5.1. Ηλιακός συλλέκτης στην ασφαλική στρώση

Μια καινοτόμα εγκατάσταση που έχει αναπτυχθεί είναι η τοποθέτηση ηλιακού συλλέκτη στην επιφάνεια της ασφαλικής στρώσης. Το σύστημα του ηλιακού συλλέκτη αποτελείται από αγωγούς, οι οποίοι ενσωματώνονται στην επιφάνεια του οδοστρώματος, και περιέχουν ένα κατάλληλο κυκλοφορούν υγρό (Bobes – Jesusetal., 2012).

Η θερμοκρασία του οδοστρώματος που δημιουργείται από την ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να φτάσει τους 70ο C. Το υγρό που περιέχεται στους αγωγούς έχει χαμηλότερη θερμοκρασία, και ως εκ τούτου, η θερμότητα μεταφέρεται από το οδόστρωμα στο υγρό των αγωγών, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του υγρού και τη μείωση της θερμοκρασίας του οδοστρώματος. Έτσι, παράλληλα, περιορίζεται η επίδραση που παρουσιάζει το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας και ο κίνδυνος παραμορφώσεων της επιφάνειας του οδοστρώματος. Η μεταφορά θερμότητας πραγματοποιείται μέσω αγωγής, συναγωγής και ακτινοβολίας (Bobes – Jesusetal., 2012).

Η αξιοποίηση της θερμότητας στο κυκλοφορούν υγρό των αγωγών του συλλέκτη μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους. Αρχικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί τον χειμώνα για την τήξη του χιονιού σε παγωμένους δρόμους. Επίσης, μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της θερμικής άνεσης σε παρακείμενα της οδού κτίρια (Bobes – Jesusetal., 2012). Επιπλέον, το καλοκαίρι μπορεί να αποθηκεύεται για να χρησιμοποιείται κατά τους χειμερινούς μήνες ως πηγή θέρμανσης των κτιρίων (WuetaI., 2009).

Η περίπτωση της αντικατάστασης της ασφάλτου με σκυρόδεμα είναι εφικτή, αλλά όχι αποδοτική, καθώς η άσφαλτος λόγω του μαύρου χρώματός της παρουσιάζει μεγαλύτερο συντελεστή απορροφητικότητας (Bobes – Jesusetal., 2012). Επιπλέον, η υψηλή θερμοκρασία στην ασφαλτική επιφάνεια μπορεί να διατηρείται και να αποδίδει ενέργεια για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από ότι στους συμβατικούς ηλιακούς συλλέκτες (WuetaI., 2009).



Εικόνα 4.7: Εκμετάλλευση ηλιακής ενέργειας από το οδόστρωμα

(Πηγή: WuetaI., 2009)

Στην Εικόνα 4.6 απεικονίζεται ο μηχανισμός αλληλεπίδρασης της ηλιακής ενέργειας με τους συλλέκτες που βρίσκονται στην επιφάνεια του ασφαλτικού οδοστρώματος. Η ηλιακή ακτινοβολία θερμαίνει το οδόστρωμα οδηγώντας σε διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στο υγρό που βρίσκεται στο εσωτερικό των αγωγών και το οδόστρωμα. Έπειτα, μέσω συναγωγής η θερμότητα μεταφέρεται από την ασφαλτική στρώση στο υγρό των αγωγών και κατόπιν, μέσω συναγωγής, από την ασφαλτική στρώση στη βάση.

Αν οι αγωγοί τοποθετηθούν σε μικρότερα βάθη, προκύπτει εύλογα μεγαλύτερη εξαγωγή ενέργειας. Όμως, με την τοποθέτησή τους σε μικρά βάθη αναπτύσσονται μεγαλύτερες πιέσεις στο οδόστρωμα, με αποτέλεσμα τη μείωση της διάρκειας ζωής του (Wuetal., 2009). Γενικά, το σύστημα αυτό συνιστάται να εφαρμόζεται σε οδούς με χαμηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους, καθώς και σε περιοχές στάθμευσης.

Το συγκεκριμένο σύστημα υλοποιήθηκε επιτυχώς σε διάφορες περιοχές με ποικίλες επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες, όπως για παράδειγμα την Ελβετία, την Ιαπωνία, την Ολλανδία, την Αγγλία, την Κίνα, την Ισπανία και τις ΗΠΑ. Δύναται να εφαρμοστεί τόσο κατά τη διαδικασία κατασκευής νέων οδών όσο και σε περιπτώσεις συντήρησης υφιστάμενων οδοστρωμάτων (Bobes – Jesusetal., 2012). Παρόλο που ο συγκεκριμένος τύπος ηλιακού συλλέκτη παρουσιάζει χαμηλότερη απόδοση από αυτήν ενός συμβατικού, έχει την ικανότητα παραγωγής μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας, ώστε να ικανοποιεί μέρος των αναγκών θέρμανσης στις γειτονικές εγκαταστάσεις και κτίρια, και να συμβάλλει θετικά στην οδική ασφάλεια (Wuetal., 2009).



Εικόνα 4.8: Ηλιακός συλλέκτης στην ασφαλτική στρώση

(Πηγή: A closer view of the Asphalt Solar Collector System, 2011)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5. ΜΕΤΡΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ- ΣΗΜΑΝΣΗ

5.1. Γενικά

Κατά τη διάρκεια εκτέλεσης εργασιών συντήρησης στο οδικό δίκτυο πραγματοποιούνται προσωρινές κυκλοφοριακές ρυθμίσεις για το χρονικό διάστημα που διαρκούν οι εργασίες. Σε αυτές συγκαταλέγονται η μερική ή πλήρης διακοπή της κυκλοφορίας, το κλείσιμο λωρίδων κυκλοφορίας, ο αποκλεισμός μέρους ή όλου του οδοστρώματος της οδού, και επιπλέον, λαμβάνονται μέτρα για την ενημέρωση των χρηστών μέσω ειδικής εργοταξιακής σήμανσης. Όλες οι παραπάνω ειδικές ρυθμίσεις κυκλοφορίας καθορίζονται στην εθνική Νομοθεσία (ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε., 2004) και είναι απαραίτητες, καθώς η έλλειψη ή η απουσία των απαραίτητων μέτρων θέτει σε κίνδυνο τους διερχόμενους οδηγούς και το εργατικό δυναμικό του εργοταξίου.

5.3. Αρχές ορθής σήμανσης

Στις βασικές αρχές της ορθής οδικής σήμανσης συγκαταλέγονται (Εισαγωγή, Απόφαση Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.) (ΦΕΚ 946/Β/9.7.2003):

- Η έγκαιρη, σταδιακή και πλήρης ενημέρωση των κινουμένων στις οδούς,
- Η προειδοποίηση για τη μορφή και το είδος του εμποδίου,
- Η ρύθμιση της κινήσεως,
- Η τοποθέτηση συνεπούς, κατανοητής αλλά και κοινής σήμανσης για όλα τα εργοτάξια κατά μήκος ενός οδικού άξονα
- Η υλοποίηση του ακριβή αριθμού πινακίδων, καθώς δεν πρέπει να λείπει ούτε μία απολύτως αναγκαία πινακίδα αλλά ταυτόχρονα δεν πρέπει να μην υπάρχει ούτε μία επιπλέον των απαραίτητων,
- Η πληροφόρηση δεν πρέπει να δίνεται πολύ νωρίτερα της θέσης εκτελέσεως των έργων,
- Η μέριμνα πρόβλεψης για άμεση εξυπηρέτηση και διέλευση των οχημάτων έκτακτης ανάγκης (ασθενοφόρων, πυροσβεστικών οχημάτων, περιπολικών αστυνομίας).

Επιπλέον, σημειώνεται ότι όλα «τα μέσα σήμανσης τοποθετούνται με μέριμνα και ευθύνη των εργοληπτών ή των εκτελούντων τις εργασίες», και «οι φορείς που κατασκευάζουν ή

αναθέτουν την κατασκευή σε τρίτους υποχρεούνται να ελέγχουν την τοποθέτηση των μέσων σήμανσης» (παράγραφος 3, άρθρο 9, Κ.Ο.Κ.) (ΦΕΚ 50/Α/2.3.2007).

5.4. Κατακόρυφη σήμανση

Η υποχρέωση τοποθέτησης πινακίδων σήμανσης ορίζεται στην παράγραφο 1 του άρθρου 9 του Κ.Ο.Κ. (ΦΕΚ 50/Α/2.3.2007). Πιο συγκεκριμένα, στο Κεφάλαιο 2 της Απόφασης Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. (ΦΕΚ 946/Β/9.7.2003) καθορίζονται οι τύποι των πινακίδων σήμανσης που απαιτούνται για κάθε περίπτωση εργοταξιακής ζώνης στο οδικό δίκτυο και οι οποίοι παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.2.

Πίνακας 5.2: Τύποι πινακίδων ανά ζώνη στην περιοχή του εργοταξίου στην οδό

Τύποι Πινακίδων	Ζώνες Εργοταξίου					
	Ζώνη Προειδοποίησης	Ζώνη Συναρμογής Εισόδου	Μεταβατική Ζώνη Εισόδου	Ζώνη Έργων	Ζώνη Συναρμογής Εξόδου	Ζώνη Αποκατάστασης της Κυκλοφορίας
Προειδοποίησης έργων (Κ-20)	X	X	X			
Ορίου ταχύτητας						
(Ρ-32)	X	X	X	X	X	
Τέλος ορίου ταχ. (Ρ-37)						X
Πληροφοριακές						
(Π-69, 69α, 70, 70α)	X					
(Π-74, 75, 76, 77, 78, 79)		X	X	X	X	
Ρυθμιστικές						
(Ρ-30)	X					
(Ρ-52)		X	X		X	
Άρσητων ρυθμίσεων (Ρ-36)						X
Πρόσθετη (Πρ-1)	X					

(Πηγή: ΦΕΚ 946/Β/9.7.2003)

Στη ζώνη προειδοποίησης η μείωση της ταχύτητας πραγματοποιείται με βήμα 20 χμλ/ώρα στις περιαστικές και υπεραστικές οδούς και 10 χλμ/ώρα στις αστικές.



Εικόνα 5.1: Σήμανση Ζώνης Προειδοποίησης σε περιοχή οδικών έργων

(Πηγή: Ζαφειρόπουλος, n.d.)

Στη ζώνη συναρμογής εισόδου οι πινακίδες οριοθέτησης της συναρμογής (Π-77 ή Π78) με τους αναλάμποντες φανούς τοποθετούνται κάθε 10 μέτρα.



Εικόνα 5.2: Σήμανση Ζώνης Συναρμογής Εισόδου σε περιοχή οδικών έργων

(Πηγή: Ζαφειρόπουλος, n.d.)

Το όριο ταχύτητας (P-32) της μεταβατικής ζώνης εισόδου έχει την ίδια ένδειξη με αυτή της εργοταξιακής ζώνης. Στην ζώνη έργων αυτές οι πινακίδες (P-32) επαναλαμβάνονται κάθε 500 μέτρα, όταν το μήκος του εργοταξίου είναι μεγαλύτερο των 500 μέτρων, ενώ οι πινακίδες οριοθέτησης των έργων (Π-77 ή Π78) κάθε 20 μέτρα, η πρώτη και η τελευταία εκ των οποίων συνοδεύονται με αναλάμποντα φανό.



Εικόνα 5.3: Σήμανση Ζώνης Αποκατάστασης Κυκλοφορίας σε περιοχή οδικών έργων

(Πηγή: Ζαφειρόπουλος, n.d.)

Τα βασικά κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των πινακίδων σήμανσης οδικών έργων, όπως περιγράφονται στο Κεφ. 3 της Απόφασης Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., είναι:

- Οι πινακίδες της εργοταξιακής σήμανσης είναι του ίδιου μεγέθους με αυτές της μόνιμης σήμανσης,
- Το εξωτερικό περίγραμμα – υπόβαθρο των πινακίδων είναι ορθογώνιου σχήματος και κίτρινου χρώματος. Ειδικότερα, φαίνεται στις Εικόνες 5.1-5.3,
- Τα υλικά κατασκευής τους είναι τα ίδια με αυτά της μόνιμης σήμανσης, με εξαίρεση το οπισθαντακλαστικό υλικό της πρόσθιας επιφάνειας, το οποίο πρέπει να είναι μιας κατηγορίας ανώτερο,
- Η στήριξη σε έργα μακράς διάρκειας πρέπει να γίνεται με πάκτωση στο έδαφος, όπως η μόνιμη σήμανση, ενώ σε έργα μικρής διάρκειας οι κινητές πινακίδες πρέπει να στηρίζονται σε κατάλληλες βάσεις (παράγραφος 3.4). Το ελάχιστο ύψος του κάτω άκρου της πινακίδας ορίζεται σε 1,20 μέτρα για τις περιαστικές και υπεραστικές οδούς και σε 2,30 μέτρα για αστικές και πρέπει να τοποθετούνται σε πλευρική απόσταση 0,50 – 1,50 μέτρο από το όριο του διαδρόμου κυκλοφορίας.
- Είναι δυνατή η χρήση αναδιπλούμενων πινακίδων (roll-up signs).

5.5. Οριζόντια σήμανση

Την κατακόρυφη σήμανση απαραίτητα συνοδεύει και η αντίστοιχη οριζόντια σήμανση. Όπως περιγράφεται στο Κεφ. 4 της Απόφασης Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., η οριζόντια προσωρινή εργοταξιακή σήμανση υλοποιείται με κίτρινο χρώμα διαγράμμισης, το οποίο μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με ειδικό χρώμα διαγράμμισης είτε με αυτοκόλλητες ταινίες άριστης ποιότητας και ανταντακλαστικότητας και έχει τις ίδιες διαστάσεις με αυτές της μόνιμης σήμανσης. Η υπάρχουσα μόνιμη οριζόντια σήμανση πρέπει να απαλείφεται.

Επιπλέον, σε κρίσιμες κυκλοφοριακές καταστάσεις επιβάλλεται η χρήση πρόσθετων στοιχείων με σκοπό την έντονη διακριτοποίηση της νέας οριζόντιας σήμανσης. Αυτή επιτυγχάνεται μέσω της τοποθέτησης ανακλαστών οδοστρωμάτων, που ονομάζονται «μάτια γάτας», κίτρινου χρώματος ή/και με ειδικούς τριγωνικούς οριοδείκτες, που

λέγονται και «φτερά καρχαρία», και οι οποίοι πληρούν τις απαιτήσεις των Ευρωπαϊκών Προτύπων (EN1463-1).



Εικόνα 5.4: <<Μάτια γάτας>>

(Πηγή: Un., 2010)



Εικόνα 5.5: <<Φτερό καρχαρία>>

(Πηγή: Πτερύγιο διπλής όψης, n.d.)

Τα παραπάνω ειδικά πρόσθετα μέσα εφαρμόζονται στις εξής περιπτώσεις (Κεφ. 4, Υπ Απόφαση):

- Σε ζώνες συναρμογής

- Σε διατομές περιορισμένου πλάτους (κάτω από 7,50 μέτρα για υπεραστικές και 6,50 μέτρα για αστικές οδούς) με διεξαγωγή και των δύο κατευθύνσεων κυκλοφορίας από έναν κλάδο οδού.
- Σε θέσεις όπου η οριογραμμή της οδού δεν απέχει ικανή απόσταση (κάτω του 1,00 μέτρου) από το άκρο του οδοστρώματος ή/και στην περίπτωση ύπαρξης εμποδίων πλησίον της οριογραμμής.

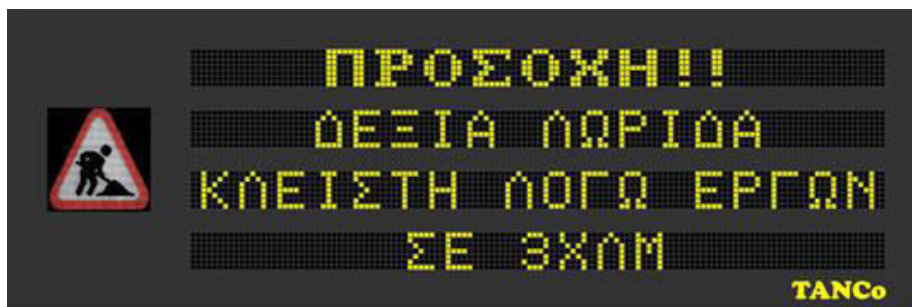
Ακόμη, αναφορικά με την φωτεινή σηματοδότηση, στην παράγραφο 5.1 της Απόφασης Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., επισημαίνεται πως η χρήση της πρέπει να αποφεύγεται. Ωστόσο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί εντός αστικών δικτύων, όταν απαιτείται εξαιτίας κυκλοφοριακών λόγων, καθώς και όταν η νέα ρύθμιση της κυκλοφορίας επιβάλλει αντιστρεπτή ροή. Στις περιπτώσεις αυτές, η ύπαρξη φωτεινών σηματοδοτών πρέπει να προαναγγέλεται με την κατάλληλη σήμανση (Κ-21, Πρ-1).



Εικόνα 5.6: Σήμανση Κ-21

(Πηγή: Κ 21 Ε, n.d.)

Συμπληρωματικά της ανωτέρω εργοταξιακής σήμανσης, είναι δυνατή σε ειδικές περιπτώσεις (κυρίως σε αυτοκινητόδρομους με υψηλούς φόρτους) και η χρήση πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων (variable message signs, VMS) σύμφωνα με τις ισχύουσες προδιαγραφές και τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα.



Εικόνα 5.7: Πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων (VMS)

(Πηγή: TANCco, n.d.)

Ο εξοπλισμός εργοταξιακής σήμανσης, σύμφωνα με την παράγραφο 5.2 και 5.3 της Απόφασης Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., διαχωρίζεται σε εξοπλισμό καθορισμού των διαδρόμων κυκλοφορίας και σε εξοπλισμό κατευθύνσεως και αποκλεισμού.

Ο εξοπλισμός καθορισμού των διαδρόμων κυκλοφορίας περιλαμβάνει:

- *Κυκλοφοριακούς κώνους,*
- *Πινακίδες οριοθέτησης έργων (Π-77 και Π-78), οι οποίες τοποθετούνται ανά 20 μέτρα στη ζώνη έργων και ανά 10 μέτρα στη ζώνη συναρμογής,*
- *Εξοπλισμό αποκλεισμού λωρίδων, που μπορεί να περιλαμβάνει ένα όχημα αποκλεισμού λωρίδων ή ρυμουλκούμενο φορείο (trailer) (κινητή μονάδα σήμανσης) και αποτελείται από μια τυποποιημένη φωτεινή διάταξη, η οποία απεικονίζει την πινακίδα Ρ-52α ή Ρ-52δ, και ένα φωτεινό αναλάμπων σήμα (βέλος) σε σχήμα τόξου για την καθοδήγηση της κυκλοφορίας,*



Εικόνα 5.8: Κινητή μονάδα σήμανσης

(Πηγή: Κινητό τρέιλερ, n.d.)



(P - 52α)



(P - 52δ)

Εικόνα 5.9: Πινακίδες P-52α&P-52δ

(Φ.Ε.Κ. 50/Α/2.3.2007, 2007)

- *Φανούς κινδύνου*, οι οποίοι είναι αναλάμπουσες λυχνίες (λάμπες) κίτρινου χρώματος και τοποθετούνται πάνω από τις πινακίδες Π-77, Π-78 στη ζώνη συναρμογής και στην πρώτη και τελευταία πινακίδα στη ζώνη έργων.



Εικόνα 5.10: Φανός κινδύνου

(Πηγή: Αναλάμπων Φανός, n.d.)

Ο εξοπλισμός κατευθύνσεως και αποκλεισμού αποτελείται από:

- *Φορητά στηθαία ασφαλείας από σκυρόδεμα ή άλλο υλικό*, τα οποία χρησιμοποιούνται για τον διαχωρισμό των αντίθετων ρευμάτων κυκλοφορίας, καθώς και της περιοχής των έργων, όπου απαιτείται.
- Όπως ορίζεται στην παράγραφο 2 του άρθρου 9 του Κ.Ο.Κ. (ΦΕΚ 50/Α/2.3.2007), τα όρια των περιοχών που εκτελούνται εργασίες και οι χώροι εναπόθεσης υλικών πρέπει να επισημαίνονται με συνεχή ή διακεκομμένα εμπόδια, τα οποία να έχουν εναλλασσόμενες λωρίδες ερυθρού και λευκού χρώματος. Αν τα εμπόδια αυτά δεν

είναι αντανακλαστικά, πρέπει να διαθέτουν αντανακλαστικά στοιχεία και σταθερά φώτα χρώματος ερυθρού ή παλλόμενα φώτα χρώματος βαθύ κίτρινου.

Κατ' εξαίρεση, φώτα και αντανακλαστικά στοιχεία:

- α) ορατά μόνο από τη μία κατεύθυνση της κυκλοφορίας, που δηλώνουν ότι διεξάγονται εργασίες στην απέναντι πλευρά της οδού, πρέπει να είναι λευκά.
- β) ορατά και από τις δύο κατευθύνσεις, που δηλώνουν ότι διεξάγονται εργασίες μεταξύ των δύο κατευθύνσεων της οδού, πρέπει να είναι λευκά ή κίτρινα ανοικτού χρώματος.



Εικόνα 5.11: Φορητά στηθαία ασφαλείας από πλαστικό
(Πηγή: Πλαστικά στηθαία, n.d.)

- Ανακλαστήρες οδοστρώματος και πρόσθετα αντανακλαστικά στοιχεία σήμανσης, που συνδυάζονται με την οριζόντια σήμανση και είναι κίτρινου χρώματος,
- Ταινίες ακουστικής προειδοποίησης, οι οποίες τοποθετούνται ως αυτοκόλλητα στο οδόστρωμα με διεύθυνση κάθετη προς τον άξονα της οδού.



Εικόνα 5.12: Ταινίες ακουστικής προειδοποίησης

(Πηγή: MARTSOS, n.d.)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

6.1 Γενικά

Η οδική υποδομή όπως προκύπτει από την κατασκευή και τη μελέτη της οδού, αλλά και η διατήρησή της σε ένα ασφαλές επίπεδο λειτουργίας με τη συντήρηση, τον εξοπλισμό και τον έλεγχο, καθίσταται μία από τις σημαντικότερες παραμέτρους που επιδρούν στην οδική ασφάλεια.

Οι ατέλειες και ελλείψεις που παρατηρούνται στα οδικά δίκτυα στην Ελλάδα σχετίζονται με:

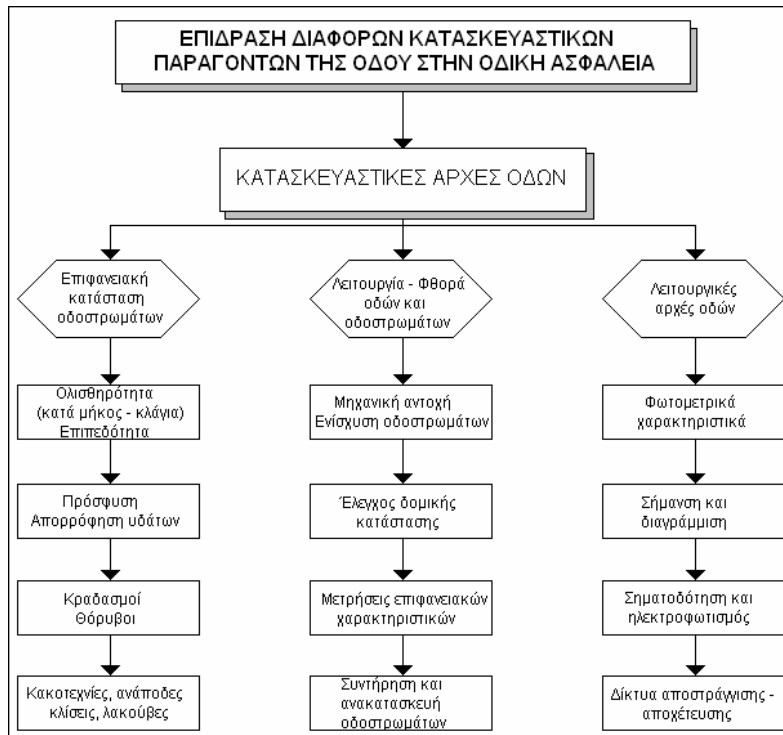
- Τα ανεπαρκή γεωμετρικά χαρακτηριστικά όπως λωρίδες κυκλοφορίας και ερείσματα με ανεπαρκές πλάτος, έλλειψη ή μικρό πλάτος μεσαίων διαχωριστικών νησίδων, μικρές ακτίνες οριζόντιας και κατακόρυφης χάραξης που μειώνουν την ορατότητα και την οριακή ταχύτητα διέλευσης του οχήματος.
- Κατασκευαστικές ατέλειες σε σχέση με την απαιτούμενη κατά μήκος
- ορατότητα, την εγκάρσια κλίση που παίρνει το οδόστρωμα, διαμόρφωση των
- θέσεων στάθμευσης, μορφές ισόπεδων και ανισόπεδων κόμβων.
- Ατέλειες στην κατακόρυφη και οριζόντια σήμανση και ιδιαίτερα έλλειψη
- προειδοποιητικών πινακίδων και πινακίδων ένδειξης της οριακής ταχύτητας.
- Πρότυπα κατασκευής χαμηλών προδιαγραφών, με συνέπεια τη μείωση της
- πρόσφυσης και αύξηση της ολισθηρότητας του οχήματος, την κακή
- αποστράγγιση, τη ρηγματώση ή την υποχώρηση του οδοστρώματος.
- Λανθασμένη επίκλιση της οδού με αποτέλεσμα τη δραστική μείωση της οριακής
- ταχύτητας διέλευσης του οχήματος και αύξηση της επικινδυνότητας.
- Ανεπαρκής συντήρηση του οδικού δικτύου ή των στοιχείων αυτού όπως η
- συντήρηση των πινακίδων, των διαγραμμίσεων, των χιλιομετρικών δεικτών
- και γενικότερα της οριζόντιας και κατακόρυφης σήμανσης.

- Κακή τοποθέτηση ή έλλειψη παρόδιων στοιχείων όπως οι στύλοι, τα στηθαία, τα κράσπεδα, τα αναχώματα.
- Ανεπάρκεια ή έλλειψη φωτισμού.

Πιο συγκεκριμένα, τα επιφανειακά χαρακτηριστικά του οδοστρώματος επηρεάζουν την ασφάλεια και την άνεση κατά την οδήγηση, το περιβάλλον (κυρίως θόρυβος), καθώς και το λειτουργικό κόστος των οχημάτων. Ένα οδικό τμήμα είναι δυνατόν να είναι επικίνδυνο όχι μόνο λόγω της ολισθηρότητας και της επιφανειακής υφής του οδοστρώματος αλλά και λόγω ύπαρξης προβλήματος ομαλότητας κατά μήκος (επιπεδότητα) ή εγκάρσια της επιφάνειας του οδοστρώματος (αυλακώσεις).

Ιδιαίτερα επικίνδυνες για την οδική ασφάλεια είναι στη δεύτερη περίπτωση οι λεγόμενες τροχοαυλακώσεις κυρίως όταν πρόκειται για κατάσταση υγρού οδοστρώματος. Η συγκέντρωση νερού στην αυλάκωση είναι δυνατόν να επιφέρει μείωση έως και ολική εξαφάνιση της πρόσφυσης μεταξύ επισώτρου και επιφάνειας του οδοστρώματος.

Το φαινόμενο αυτό είναι ιδιαίτερα χαρακτηριστικό κατά την πέδηση ενός οχήματος κινούμενου με υψηλή ταχύτητα με αποτέλεσμα να παρουσιάζεται ακόμη και σε αντιολησθηρούς τάπητες το φαινόμενο της υδρολίσθησης (Aquaplaning) που αυξάνει την πιθανότητα ατυχήματος.



Εικόνα 6.1 :Κατασκευαστικοί παράγοντες οδού και οδική ασφάλεια

Τα οδικά στοιχεία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και με τους άλλους παράγοντες που σχετίζονται με τον οδηγό, το όχημα, την κυκλοφορία και το περιβάλλον για να επηρεάσουν, κατά ιδιαίτερο τρόπο κάθε φορά, τη συχνότητα, τη σοβαρότητα και την κατηγορία των ατυχημάτων. Είναι επομένως πολύ δύσκολο να ξεχωρίσει κανείς την επίδραση ενός από τα στοιχεία.

6.2. Επιπεδότητα

Η επιπεδότητα (τραχύτητα) της επιφάνειας του οδοστρώματος ορίζεται σε διεθνή βάση ως οι αποκλίσεις της επιφάνειας από την τελείως επίπεδη επιφάνεια με χαρακτηριστικές διαστάσεις (εύρος μήκους κύματος από 0,5 έως 50m) οι οποίες επηρεάζουν τη δυναμική του οχήματος, τη ποιότητα οδήγησης, τα δυναμικά φορτία και την αποστράγγιση των επιφανειακών υδάτων.

Η επιπεδότητα της επιφάνειας σχετίζεται κυρίως με το διαμήκες αλλά και το εγκάρσιο προφίλ του οδοστρώματος και επηρεάζει την κάθετη και πλευρική κίνηση του οχήματος

δημιουργώντας το αίσθημα της ταλάντευσης του οχήματος και της ανασφάλειας κατά την οδήγηση στον χρήστη. Στη διαμήκη διεύθυνση επιφανειακές φθορές του οδοστρώματος όπως καθιζήσεις και διογκώσεις αλλά και κατασκευαστικές αστοχίες κατά τη διάσπρωση χαρακτηρίζονται από ένα μεγάλο μήκος κύματος της τάξης των 10m έως 50m. Αντίθετα πτυχώσεις, απωθήσεις και λακκούβες έχουν ένα μήκος κύματος από 0,5m έως 10m. Στην εγκάρσια διεύθυνση οι αυλακώσεις έχουν μήκος κύματος περίπου 1m. Οι αστοχίες επιπεδότητας οφείλονται κατά κύριο λόγο στα παρακάτω αίτια :

- Κακή κατασκευή του οδοστρώματος (υλικά κατασκευής, υπέδαφος) με αποτέλεσμα τη μείωση της μηχανικής επάρκειας και αντοχής.
- Ανεπαρκή περιοδική συντήρηση του οδοστρώματος (ενίσχυση – επιστρώσεις) Λειτουργικές βλάβες που οφείλονται σε κλιματολογικά αίτια (παγετός, συχνές μεταβολές της θερμοκρασίας, υψηλές θερμοκρασίες), αποσύνθεση λόγω χημικών αντιδράσεων.
- Καταπόνηση του οδοστρώματος από κάθετα μη προβλεπόμενα κατά τη μελέτη φορτία.
- Μεταβολές των μηχανικών ιδιοτήτων ορισμένων υλικών (σταθεροποιημένα υλικά – ασφαλτομίγματα) καθώς και μακροπρόθεσμα ερασιζόμενες αστοχίες λόγω κοπώσεως.
- Είδος οδοστρώματος (εύκαμπτο, ημιάκαμπτο, δύσκαμπτο).

Οι δυσάρεστοι για τους επιβάτες ενός οχήματος, λόγω των αστοχιών της επιπεδότητας κραδασμοί, χαρακτηρίζονται από τη συχνότητα που κυμαίνεται μεταξύ 2 και 15 Hz που αντιστοιχεί σε μήκος κύματος 1,3 και 10 μέτρων για μια ταχύτητα 72 χιλιομέτρων ανά ώρα. Κατακόρυφες επιταχύνσεις μεταξύ 0,01 και 0,15 m/sec² εκφράζουν το όριο αντίληψης, μεταξύ 0,4 και 1 m/sec² το όριο δυσάρεσκιας και άνω των 2 m/sec² εμφανίζονται διαταραχές στον ανθρώπινο οργανισμό. Η επίδραση αυτού του φαινομένου επιτείνεται όταν μμεγαλώνει το μήκος των εμφανιζόμενων ανωμαλιών, εξαρτάται όμως και από το είδος αναρτήσεων του οχήματος.

6.3. Ολισθηρότητα

Η ολισθηρότητα του οδοστρώματος αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που συντελούν στη δραστική ελάττωση της οδικής ασφάλειας. Η ολισθηρότητα σαν έννοια ορίζεται από την εκάστοτε υπάρχουσα πρόσφυση μεταξύ ελαστικού και οδοστρώματος. Η ανάπτυξη των εφαπτόμενων δυνάμεων τριβής κατά την επαφή

ελαστικού και οδοστρώματος συντελεί στην αποφυγή της κατά μήκος ή πλευρικής μετατόπισης του οχήματος.

Ένα οδόστρωμα θα πρέπει πρωτίστως να διαθέτει καλή αντιολισθητική επιφάνεια (καλή μικρό και μακροϋφή). Ανάλογα με το μέγεθος του μήκους κύματος του προφίλ της επιφάνειας καθορίζεται το εύρος κάθε επιφανειακής χαρακτηριστικής ιδιότητας. Η ύπαρξη μακροϋφής συντελεί στην καταστροφή του λεπτού υδάτινου υμένα που δημιουργείται μεταξύ ελαστικού και της επιφάνειας του οδοστρώματος, ενώ η μακροϋφή υποβοηθά τη γρήγορη αποστράγγιση του ύδατος κάτω από το ελαστικό. Κατά αυτό τον τρόπο δημιουργείται σχεδόν πάντα μία επαρκής ξηρή επιφάνεια επαφής μεταξύ του ελαστικού και της επιφάνειας του οδοστρώματος.

Η ικανότητα ανάπτυξης δυνάμεων τριβής από το σύστημα ελαστικό- οδόστρωμα αντίθετες προς την πλάγια η κατά-μήκος μετατόπιση του οχήματος χαρακτηρίζουν το βαθμό της ολισθηρότητας. Το ποσοστό της ολίσθησης εξαρτάται από τους συντελεστές τριβής (κατά-μήκος, πλευρικός).

Συντελεστής κατά-μήκος τριβής (μ_k) Η μέγιστη παραγόμενη δύναμη κίνησης U_{max} δίδεται από τη σχέση : $U_{max} = \mu_k \cdot \Phi$ Όπου Φ η κατακόρυφη αντίδραση του φορτίου.

Όταν ξεπερασθεί το μέγεθος της δύναμης U_{max} τότε εμφανίζεται το φαινόμενο της ολίσθησης. Η μετάδοση μιας δύναμης U_g η οποία είναι μικρότερη της U_{max} είναι το αποτέλεσμα της υπάρχουσας ολίσθησης.

Η δύναμη U_g δίδεται από τη σχέση : $U_g = \mu_o \cdot \Phi$ όπου μ_o ο συντελεστής ολίσθησης.

Η κατά μήκος ολίσθηση μεταξύ ελαστικού και οδοστρώματος διακρίνεται σε δυο περιπτώσεις :

A. Στην πρώτη περίπτωση δέχεται ο τροχός μια κατά μήκος ολίσθηση λόγω υπερβολικά αυξημένης περιστροφικής ταχύτητας που έχει σαν αποτέλεσμα την υπέρβαση της μέγιστης τιμής της κατά-μήκος τριβής. Η γωνιακή ταχύτητα του τροχού (ω) είναι κατά πολύ μεγαλύτερη της ταχύτητας κατά-μήκος της κίνησης του τροχού (v).

Β. Στην άλλη περίπτωση κατά τη διάρκεια της αυξημένης πέδησης δεν περιστρέφεται ο τροχός, η γωνιακή του ταχύτητα είναι ίση με μηδέν και το ελαστικό ολισθαίνει κατά μήκος όπως για παράδειγμα το έλκηθρο στον πάγο (μπλοκάρισμα τροχού).

6.3.1. Ολισθηρότητα λόγω παγετού

Κατά τη χειμερινή περίοδο, όταν στο οδόστρωμα σχηματίζεται παγετός, ο κίνδυνος πρόκλησης τροχαίων ατυχημάτων είναι εξαιρετικά υψηλός. Η αντιμετώπιση του παγετού στις οδούς πραγματοποιείται με τη διάστρωση αλατιού από τις αρμόδιες υπηρεσίες αποχιονισμού. Πέρα από τη γενικότερη αντιμετώπιση του παγετού των οδών, για την αποτροπή του κινδύνου εμφάνισης πρόωρου παγετού σε μεμονωμένες θέσεις ή τμήματα εφαρμόζονται τρεις μέθοδοι :

- Κατασκευή θερμαινόμενων οδοστρωμάτων
- Εγκατάσταση ψεκασμού διαλυμάτων αλάτων στο οδόστρωμα
- Κατασκευή αντιπαγετικών οδοστρωμάτων

Η οικονομικότερη και αποδοτικότερη μέθοδος είναι η χρήση αντιπαγετικών οδοστρωμάτων τα οποία κατασκευάζονται από ασφαλτικό σκυρόδεμα, στη μάζα του οποίου έχουν αναμιχθεί άλατα, τα οποία παρεμποδίζουν τη δημιουργία πάχνης παγετού καθώς επίσης τη σύνδεση του χιονιού στην επιφάνεια του οδοστρώματος. Με τη συνεχή φθορά της στρώσης κυκλοφορίας έρχονται στην επιφάνεια ποσότητες εγκλωβισμένων στο ασφαλτικό σκυρόδεμα αλάτων, ώστε να εξασφαλίζεται η αποτελεσματική αντιπαγετική δράση σε όλη τη διάρκεια ζωής του.

Η κατασκευή αντιπαγετικών οδοστρωμάτων ενδείκνυται σε τμήματα ή σε μεμονωμένες θέσεις οδών, στις οποίες εμφανίζεται αυξημένη πιθανότητα δημιουργίας πρόωρου παγετού. Τέτοιες θέσεις κατά κύριο λόγο είναι :

- Γέφυρες ποταμών και κοιλαδογέφυρες
- Συνδετήριοι κλάδοι ανισόπεδων κόμβων
- Τμήματα οδών με μεγάλες κατά μήκος κλίσεις
- Τμήματα οδών, που διέρχονται μέσα από δασικές περιοχές, κατά συνέπεια είναι ανήλια και έχουν μεγάλη υγρασία

- Δευτερεύουσες οδοί σε θέσεις συμβολής σε περιοχές ισόπεδων κόμβων.

Τέλος, προς αποφυγή ολίσθησης σε κατάσταση παγετού η πλάγια κλίση δεν θα πρέπει να ξεπερνά το 10%. Ο υπολογισμός της επίκλισης επιτυγχάνεται με τη συνάρτηση της ταχύτητας του οχήματος και της ακτίνας του τόξου

6.4. Θόρυβος και κυκλοφορία

Η άνοδος της κυκλοφορίας καθιστά την οδό σε μια όλο και περισσότερο αυξανόμενη πηγή ηχητικών ρύπων για το περιβάλλον. Ο άνθρωπος δεν μπορεί να προσαρμοσθεί σε αυτή την αυξανόμενη όχληση αντιθέτως αντιδρά αρνητικά με μεγαλύτερη ευαισθησία σε αυτό το φαινόμενο. Αποτέλεσμα αυτής της αντίδρασης του ανθρώπου είναι ο αρνητικός επηρεασμός της αυτοσυγκέντρωσης και η μείωση των αντανακλαστικών του που μπορεί να αποβεί επικίνδυνη κατά τη διάρκεια της οδήγησης. Η στάθμη του θορύβου μετριέται σε ντεσιμπέλ (dB) και μπορεί να μετρηθεί με ένα ειδικό όργανο το λεγόμενο ηχόμετρο.

Οι θόρυβοι κυκλοφορίας προκαλούνται από την κίνηση ενός οχήματος και διακρίνονται ανάλογα με την προέλευσή τους σε :

- Θόρυβο κινητήρα, που είναι η κύρια πηγή ηχητικών ρύπων
- Θορύβους εξάτμισης, που μειώνονται αισθητά με την προσθήκη σιγαστήρων
- Θορύβους μετάδοσης, εξαερισμού, οι οποίοι είναι συνήθως ασήμαντοι
- Θορύβους αεροδυναμικής κίνησης, που οφείλονται στη μετατόπιση μαζών αέρα και εξαρτώνται ως προς το μέγεθος από την ταχύτητα του οχήματος
- Θορύβους επαφής ελαστικού – οδοστρώματος, οι οποίοι έχουν την πηγή τους στη δόνηση του ελαστικού λόγω κατακόρυφων μετατοπίσεων που οφείλονται στη μακροϋφή του οδοστρώματος και του ελαστικού, στη διέγερση λόγω εναλλαγής συνθηκών πρόσφυσης – ολίσθησης που ακολουθεί τη παραμόρφωση του ελαστικού, στο φαινόμενο συμπίεσης και εκτόνωσης θυλάκων αέρος μεταξύ των ραβδώσεων του ελαστικού και των κενών του τάπητα, στην κυκλοφοριακή ένταση, κυκλοφοριακή ροή (αναπτυσσόμενες ταχύτητες, είδη διερχομένων οχημάτων) και στα χαρακτηριστικά της οδού στο σημείο μέτρησης (ανωφέρεια, κραδασμοί λόγω φθορών στην επιφάνεια του οδοστρώματος, σηματοδότες σε διασταυρώσεις).

Το είδος της επιφάνειας κυκλοφορίας είναι ο σημαντικότερος παράγοντας που προσδιορίζει την εκπομπή θορύβου επαφής. Σχετικές μελέτες απέδειξαν ότι ο θόρυβος συνδέεται με την υφή του οδοστρώματος. Η επιφάνεια του οδοστρώματος με μεγάλη μακροϋφή χαρακτηρίζεται ως τραχεία επιφάνεια και προκαλεί αυξημένο θόρυβο από μία ασφαλτοστρωμένη επιφάνεια.

Η διάδοση του ήχου γίνεται με τον ίδιο τρόπο προς όλες τις κατευθύνσεις εφόσον δεν παρεμβάλλονται ενδιάμεσα διάφορα εμπόδια (κατοικίες, δενδροστοιχίες κτλ.) που έχουν σαν αποτέλεσμα λόγω της προκαλούμενης αντανάκλασης την αύξηση ή ακόμα και τη μείωση της έντασής του. Για τη λήψη των κατάλληλων μέτρων ηχοπροστασίας πρέπει να γίνει ένας όσο το δυνατόν ακριβέστερος υπολογισμός της εκπομπής και της έντασης του ήχου σε συνάρτηση με την εκάστοτε υπάρχουσα στάθμη του θορύβου.

Οι μέγιστες τιμές στάθμης του θορύβου που χαρακτηρίζονται ως ανεκτές αποτελούν αντικείμενο προδιαγραφών και νομοθεσίας ανάλογα με τον τόπο (κατοικημένες περιοχές, βιομηχανικές ζώνες, νοσοκομεία) και τον χρόνο (ημέρα /νύχτα) είναι στη πραγματικότητα τα θεσπισμένα επιτρεπόμενα όρια στάθμης θορύβου.

Η ηχητική εκπομπή των οχημάτων σε περίπτωση μεγάλης υπέρβασης των επιτρεπόμενων ορίων στάθμης θορύβου επηρεάζει αρνητικά τη ψυχολογία του ατόμου και επιβαρύνει σε μεγάλο βαθμό αρνητικά το νευρικό του σύστημα. Σε πολλές χώρες της ευρωπαϊκής ένωσης δίδεται από τις αρμόδιες αρχές μεγάλη έμφαση στον έλεγχο της εκπομπής ηχητικών ρύπων των οχημάτων με την επιβολή αυστηρών κυρώσεων στους υπεύθυνους.

6.5. Φωτομετρικά χαρακτηριστικά

Οι οπτικές ιδιότητες του οδοστρώματος (λαμπρότητα, αντανάκλαστική ικανότητα) αποτελούν ένα πολύ σημαντικό παράγοντα στην οπτική προσαρμογή του οδηγού και στην ικανότητά του να διακρίνει κατά τη διάρκεια της νύκτας αντικείμενα επί της οδού (πεζούς, διάφορα εμπόδια) καθώς και την οριζόντια σήμανση αυτής.



Αναφορικά με τη σχέση αυτών των ιδιοτήτων ως προς την οδική ασφάλεια πρέπει να υπογραμμισθεί η τεράστια σημασία συμβολή τους. Ιδιαίτερα σε τμήματα οδών χωρίς οριογραμμές αποτελούν τη μοναδική πηγή πληροφοριών σχετικά με την κατεύθυνση και το υπάρχον πλάτος του οδοστρώματος.

Ο τρόπος φωτισμού του οδοστρώματος διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες :

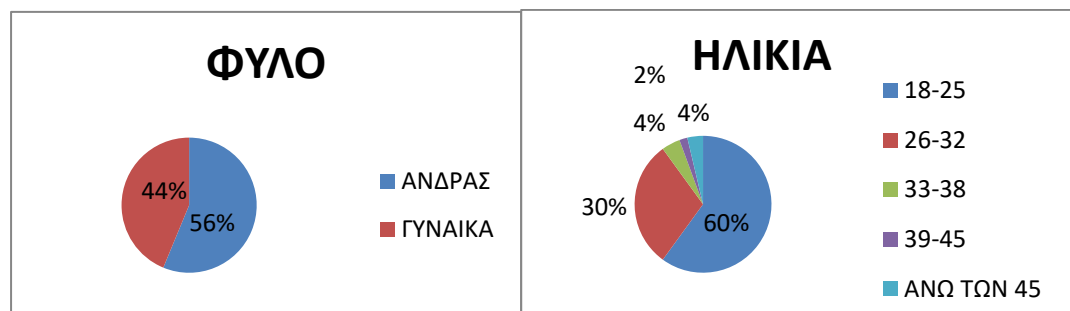
1. Στο φως της ημέρας
2. Στον αστικό ηλεκτροφωτισμό
3. Στον φωτισμό μέσω των προβολέων των οχημάτων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ

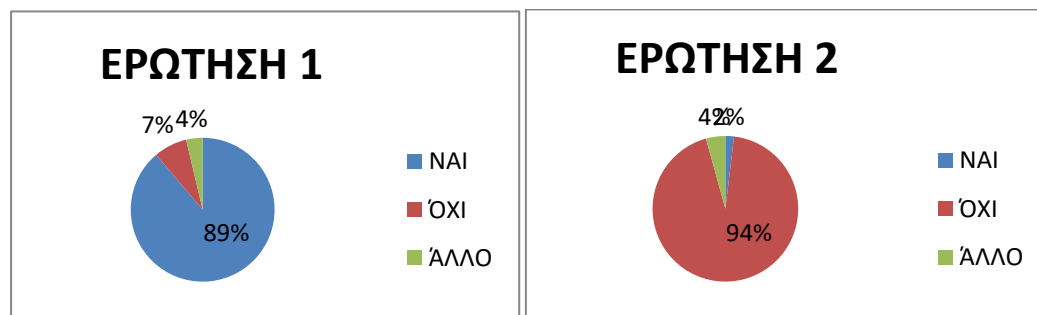
7.1 Αποτελέσματα ερωτηματολογίου «Οδική ασφάλεια – κατασκευή και συντήρηση οδοστρωμάτων»

Για την εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας εστάλη διαδικτυακό ερωτηματολόγιο με τίτλο «Οδική ασφάλεια - κατασκευή και συντήρηση οδοστρωμάτων». Τα ερωτηματολόγια εστάλησαν μέσω της υπηρεσίας Google Forms και απαντήθηκαν 160 στο σύνολο. Από τα στοιχεία που συλλέχθηκαν φαίνεται ότι 56% των ερωτηθέντων ήταν άνδρες και το 44% γυναίκες, ενώ το πλήθος των απαντήσεων δόθηκε από άτομα της ηλικιακής ομάδας 18-25 ετών (60%), 26-32 ετών (30%). 33-38 ετών (4%), 39-45 ετών (2%), 45 ετών και άνω (4%)



Στην ερώτηση 1 που αφορούσε << αν έχουν παρατηρήσει διάφορες στο οδικό δίκτυο του εξωτερικού σε σχέση με της Ελλάδας >> το 89% απάντησε ΑΛΛΟ (δεν γνωρίζει / δεν πρόσεξε), ενώ το 7% και το 4% αντίστοιχα απάντησαν με ΟΧΙ και ΝΑΙ.

Στην ερώτηση 2 που αφορούσε << αν η συντήρηση των δρόμων της Θεσσαλονίκης είναι επαρκής >> το 94% απάντησε ΟΧΙ, ενώ το 4% και το 2% αντίστοιχα απάντησαν με ΑΛΛΟ (δεν γνωρίζω/ έτσι και έτσι) και ΝΑΙ

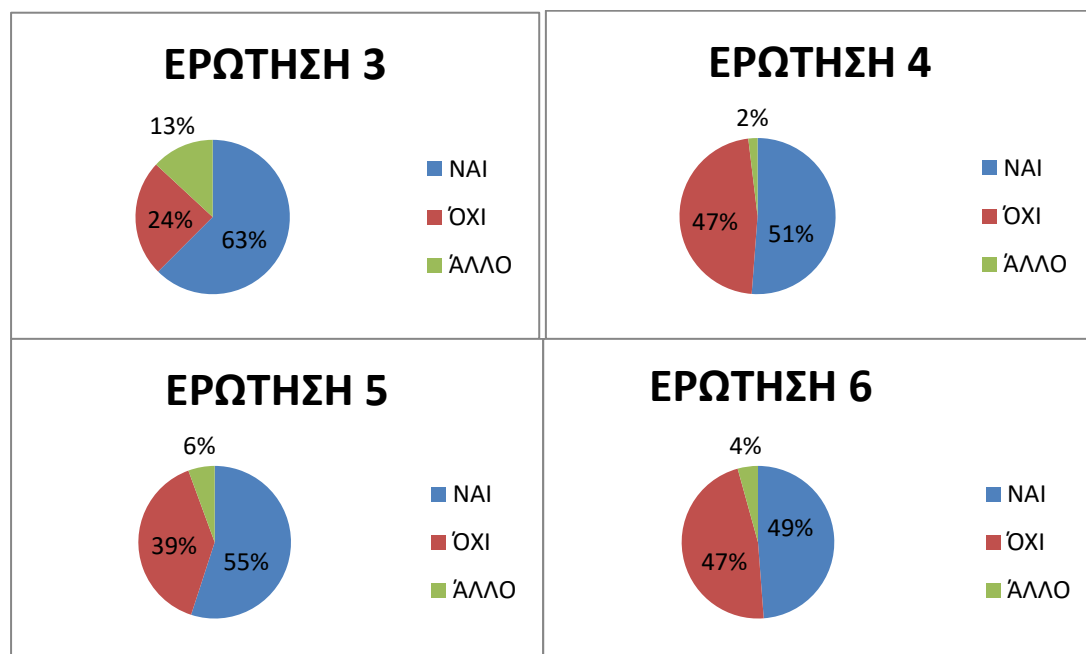


Στην ερώτηση 3 που αφορούσε << αν ευθύνονται οι φθορές των οδοστρωμάτων για των αριθμό των ατυχημάτων >> το 63% απάντησε ΝΑΙ, ενώ το 24% και το 13% αντίστοιχα απάντησαν με ΟΧΙ και ΑΛΛΟ (δεν γνωρίζω / κάποιες φορές).

Στην ερώτηση 4 που αφορούσε << αν υπάρχουν μικρά εμπόδια ή ανωμαλίες στο οδόστρωμα που δεν είναι επικίνδυνα για τους οδηγούς >> το 51% απάντησε ΝΑΙ, ενώ το 47% και το 2% αντίστοιχα απάντησαν με ΟΧΙ και ΑΛΛΟ (δεν γνωρίζω / κάποιες φορές).

Στην ερώτηση 5 που αφορούσε << αν κατά τα έργα κατασκευής/συντήρησης δρόμων, οι σημάσεις που τοποθετούνται εξασφαλίζουν την ομαλή κυκλοφορία και αποτρέπουν τυχόν ατυχήματα >> το 55% απάντησε ΝΑΙ, ενώ το 39% και το 6% αντίστοιχα απάντησαν με ΟΧΙ και ΑΛΛΟ (δεν γνωρίζω / κάποιες φορές).

Στην ερώτηση 6 που αφορούσε << αν η τοποθέτηση των πινακίδων σηματοδότησης είναι επαρκής, και ευνοεί του χρήστες για την έγκαιρη καθοδήγησή τους >> το 49% απάντησε ΝΑΙ, ενώ το 47% και το 4% αντίστοιχα απάντησαν με ΟΧΙ και ΑΛΛΟ (δεν γνωρίζω / κάποιες φορές).

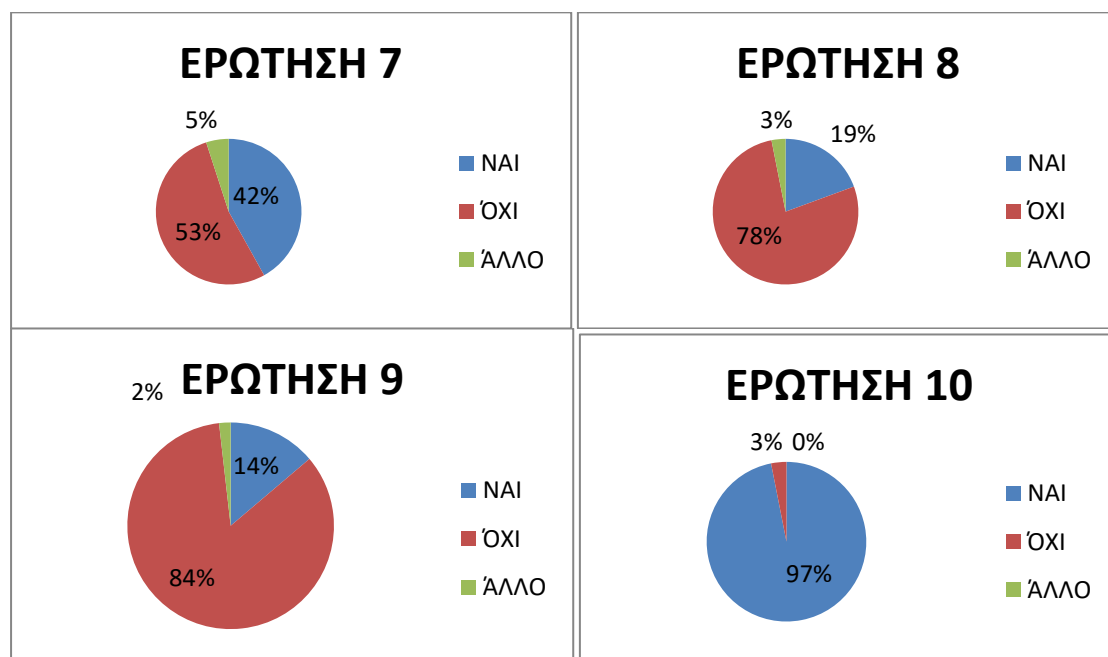


Στην ερώτηση 7 που αφορούσε << αν οι φάσεις (χρονική διάρκεια εναλλαγής σηματοδότη) των σηματοδοτών ανταποκρίνονται στην οδική κυκλοφορία >> το 53% απάντησε ΟΧΙ, ενώ το 42% και το 5% αντίστοιχα απάντησαν με ΝΑΙ και ΑΛΛΟ (δεν γνωρίζω / κάποιες φορές).

Στην ερώτηση 8 που αφορούσε << αν υπάρχουν επαρκείς και κατάλληλες διατάξεις για σωστικές ενέργειες (π.χ. ανοίγματα στην κεντρική νησίδα για σωστικά όχημα) >> το 78% απάντησε ΟΧΙ, ενώ το 19% και το 3% αντίστοιχα απάντησαν με ΝΑΙ και ΑΛΛΟ (δεν γνωρίζω).

Στην ερώτηση 9 που αφορούσε << αν οι διαγραμμίσεις είναι ορατές υπό όλες τις συνθήκες (ημέρα, νύχτα, υγρό, βρεγμένο οδόστρωμα, ομίχλη, ανατολή – δύση, προβολείς οχήματος από την αντίθετη κατεύθυνση κυκλοφορίας) >> το 84% απάντησε ΟΧΙ, ενώ το 14% και το 2% αντίστοιχα απάντησαν με ΝΑΙ και ΑΛΛΟ (δεν γνωρίζω / κάποιες φορές).

Στην ερώτηση 10 που αφορούσε << αν στις μη φωτιζόμενες περιοχές υπάρχουν εν δυνάμει κίνδυνοι ατυχήματος >> το 97% απάντησε ΝΑΙ, ενώ το 3% ΟΧΙ.

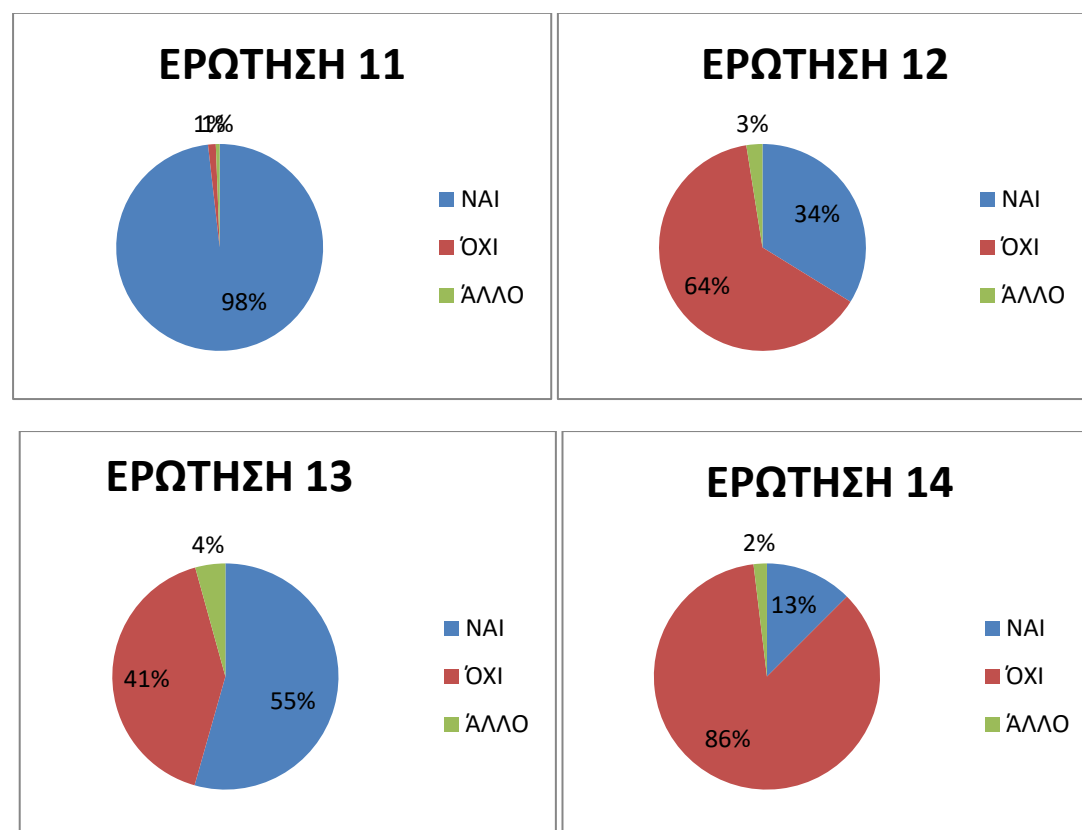


Στην ερώτηση 11 που αφορούσε << ότι η έλλειψη θέσεων παρκαρίσματος συνήθως οδηγεί σε παραβατικές χρήσεις, έχει ως αποτέλεσμα τη μη ομαλή διεξαγωγή της κυκλοφορίας >> το 98% απάντησε ΝΑΙ, ενώ το 1% και το 1% αντίστοιχα απάντησαν με ΟΧΙ και ΑΛΛΟ (δεν γνωρίζω / κάποιες φορές).

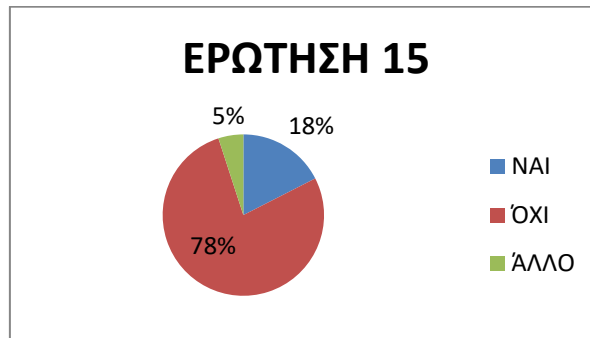
Στην ερώτηση 12 που αφορούσε << αν οι διαβάσεις πεζών είναι έτσι χωροθετημένες, ώστε να εξασφαλίζεται η χρήση τους από τους πεζούς και να αποτρέπεται συγχρόνως η διάβαση σε άλλα σημεία >> το 64% απάντησε ΟΧΙ, ενώ το 34% και το 3% αντίστοιχα απάντησαν με ΝΑΙ και ΑΛΛΟ (δεν γνωρίζω / κάποιες φορές).

Στην ερώτηση 13 που αφορούσε << αν οι στάσεις λεωφορείων είναι τοποθετημένες έξω από το οδόστρωμα >> το 55% απάντησε ΝΑΙ, ενώ το 41% και το 4% αντίστοιχα απάντησαν με ΟΧΙ και ΑΛΛΟ (δεν γνωρίζω / κάποιες φορές).

Στην ερώτηση 14 που αφορούσε << αν είναι επαρκείς για την κάλυψη των αναγκών των χρηστών (ποδηλατών) οι ποδηλατόδρομοι της Θεσσαλονίκης >> το 86% απάντησε ΟΧΙ, ενώ το 13% και το 2% αντίστοιχα απάντησαν με ΝΑΙ και ΑΛΛΟ (δεν γνωρίζω).



Στην ερώτηση 15 που αφορούσε << αν η ορατότητα για τους οδηγούς οχημάτων είναι επαρκής, ώστε να βλέπουν οι οδηγοί εγκαίρως τους ποδηλάτες >> το 78% απάντησε ΟΧΙ, ενώ το 18% και το 5% αντίστοιχα απάντησαν με ΝΑΙ και ΑΛΛΟ (δεν γνωρίζω).



7.2 Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τις απαντήσεις που δόθηκαν από 160 άτομα, το οδικό δίκτυο της Ελλάδας και πιο συγκεκριμένα της Θεσσαλονίκης δεν πληροί όλες τις προϋποθέσεις ώστε να εξασφαλίζεται η οδική ασφάλεια. Κακοτεχνίες, μη επαρκή συντηρημένα οδοστρώματα, πινακίδες που δεν είναι ορθά τοποθετημένες, μη επαρκείς και ακατάλληλες διατάξεις για σωστικές ενέργειες είναι κάποια από τα ζητήματα που θίχτηκαν και αναδείχτηκαν ως ελλιπή. Ως αποτέλεσμα λοιπόν, οι πιθανότητες για ύπαρξη ατυχημάτων αυξάνονται. Όλα τα παραπάνω μας αναφέρουν ουσιαστικά, ότι υπάρχουν πολλά και μεγάλα περιθώρια βελτίωσης, ώστε το οδικό δίκτυο της Θεσσαλονίκης να είναι πιο αξιόπιστο και περισσότερο λειτουργικό.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΔΙΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ – ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Φύλο

ΓΥΝΑΙΚΑ ΑΝΔΡΑΣ

ΗΛΙΚΙΑ 18-25 26-32 33-38 39-45 ΑΝΩ ΤΩΝ 45

1. Αν έχετε επισκεφτεί το εξωτερικό παρατηρήσατε διαφορές στο οδικό δίκτυο σε σχέση με της Ελλάδας ?

ΝΑΙ ΟΧΙ ΑΛΛΟ

2. Πιστεύετε ότι η συντήρηση στους δρόμους της Θεσσαλονίκης είναι επαρκής?

ΝΑΙ ΟΧΙ ΑΛΛΟ

3. Πιστεύετε ότι ευθύνονται οι φθορές των οδοστρωμάτων για τον αριθμό των ατυχημάτων ?

ΝΑΙ ΟΧΙ ΑΛΛΟ

4. Υπάρχουν μικρά εμπόδια ή ανωμαλίες του οδοστρώματος , που δεν είναι επικίνδυνα για τους χρήστες οχημάτων?

ΝΑΙ ΟΧΙ ΑΛΛΟ

5. Κατά τα έργα κατασκευής/συντήρησης δρόμων, οι σημάνσεις που τοποθετούνται θεωρείτε πως εξασφαλίζουν την ομαλή κυκλοφορία και αποτρέπουν τυχόν ατυχήματα?

ΝΑΙ ΟΧΙ ΑΛΛΟ

6. Η τοποθέτηση των πινακίδων σηματοδότησης είναι επαρκής, και ευνοεί του χρήστες για την έγκαιρη καθοδήγησή τους?

ΝΑΙ ΟΧΙ ΑΛΛΟ

7. Οι φάσεις (χρονική διάρκεια εναλλαγής σηματοδότη) των σηματοδοτών ανταποκρίνονται στην οδική κυκλοφορία?

ΝΑΙ ΟΧΙ ΑΛΛΟ

8. Υπάρχουν επαρκείς και κατάλληλες διατάξεις για σωστικές ενέργειες (π.χ. ανοίγματα στην κεντρική νησίδα για σωστικά όχημα)?
- ΝΑΙ ΟΧΙ ΑΛΛΟ
9. Οι διαγραμμίσεις είναι ορατές υπό όλες τις συνθήκες (ημέρα, νύχτα, υγρό, βρεγμένο οδόστρωμα, ομίχλη, ανατολή – δύση, προβολείς οχήματος από την αντίθετη κατεύθυνση κυκλοφορίας)?
- ΝΑΙ ΟΧΙ ΑΛΛΟ
10. Στις μη φωτιζόμενες περιοχές πιστεύετε ότι υπάρχουν εν δυνάμει κίνδυνοι ατυχήματος?
- ΝΑΙ ΟΧΙ ΑΛΛΟ
11. Η έλλειψη θέσεων παρκαρίσματος συνήθως οδηγεί σε παραβατικές χρήσεις, θεωρείτε πως αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μη ομαλή διεξαγωγή της κυκλοφορίας?
- ΝΑΙ ΟΧΙ ΑΛΛΟ
12. Οι διαβάσεις πεζών είναι έτσι χωροθετημένες, ώστε να εξασφαλίζεται η χρήση τους από τους πεζούς και να αποτρέπεται συγχρόνως η διάβαση σε άλλα σημεία?
- ΝΑΙ ΟΧΙ ΑΛΛΟ
13. Οι στάσεις λεωφορείων είναι τοποθετημένες έξω από το οδόστρωμα?
- ΝΑΙ ΟΧΙ ΑΛΛΟ
14. Θεωρείτε πως είναι επαρκείς για την κάλυψη των αναγκών των χρηστών (ποδηλατών) οι ποδηλατόδρομοι της Θεσσαλονίκης?
- ΝΑΙ ΟΧΙ ΑΛΛΟ
15. Η ορατότητα για τους οδηγούς οχημάτων είναι επαρκής, ώστε να βλέπουν οι οδηγοί εγκαίρως τους ποδηλάτες ?
- ΝΑΙ ΟΧΙ ΑΛΛΟ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ

Δερζέκος Χ., Μπίλλα Ε., Τσιάβου Ε., Φωτόπουλος Α., Χρυσοβελίδου Δ., 200?, *Οδηγός Δομικών Υλικών: Ο ρόλος των αδρανών στο ασφαλτόμιγμα*.
http://portal.tee.gr/portal/page/portal/MATERIAL_GUIDES/P_AGGREGATES/ad7_2.htm

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε., 2004, *Οδηγίες Λειτουργίας Εγνατίας Οδού*. [pdf] Αθήνα. Available at:
http://www.egnatia.eu/files/om_guidelines/%CE%9ACE%B1%CE%BD%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82%20%CE%9B%CE%B5%CE%B9%CF%84%CE%BF%CF%85%CF%81%CE%B3%CE%AF%CE%B1%CF%82%20%CE%95%CE%B3%CE%BD%CE%B1%CF%84%CE%AF%CE%B1%CF%82%20%CE%9F%CE%B4%CE%BF%CF%8D.pdf

Ζαφειρόπουλος, n.d. [image online] Available at: http://www.zafeiropoulos-sa.gr/?section=1475&language=el_GR

[Κ 21 Ε], n.d. [image online] Available at: http://polis-protipo.gr/product_details.php?cat_id=29

Κατσάκου Μ., Κόλιας Σ., 2006, [pdf] *Μηχανικά χαρακτηριστικά ανακυκλωμένων με τσιμέντο μιγμάτων θραυστού αμμοχάλικου και φρεζαρισμένου ασφαλτομίγματος*. 15ο Συνέδριο Σκυροδέματος, ΤΕΕ, ΕΤΕΚ, Αλεξανδρούπολη, 25-27 Οκτωβρίου, 2006 Available at:
http://library.tee.gr/digital/m2173/m2173_katsakou1.pdf

Κατσιώτης, n.d., [pdf] *Φωτοκαταλυτικά δομικά υλικά. Θεωρία και εφαρμογές*. Available at:
<http://documents.scribd.com/s3.amazonaws.com/docs/3h9ujbrls0pu4r3.pdf>

[Κινητότρειλερ], n.d. [image online] Available at:
http://www.shma.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=79&Itemid=88

Λεβέντης Α., 2011 [pdf] *Εκτίμηση παραμέτρων σύνθεσης ασφαλτομιγμάτων στο εργαστήριο μέσω γεωφυσικών μεθόδων*. Διπλωματική Εργασία, Ε.Μ.Π. Available at:
<dspace.lib.ntua.gr/bitstream/handle/123456789/4924/leventisa_dielectric.pdf?sequence=3>

Μακρίδου Π. και Πανιωράς Γ., 2009, *Σύγχρονα υλικά στην κατασκευή και συντήρηση των έργων οδοποιίας*. Πτυχιακή εργασία. Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης

Μέγας Ν & Παπαδόπουλος Μ, 2005 [pdf] *Κατασκευή οδοστρωμάτων – Ιστορική εξέλιξη των μεθόδων: Ιστορία της ασφάλτου*. Πτυχιακή εργασία. Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης Available at:
<http://195.251.240.254:8080/handle/10184/732>

- Μερκούρι Χρ. & Νικηφοριάδης Λ., 2012 [pdf] *Ανακατασκευή οδοστρωμάτων με τη μέθοδο της ψυχρής ανακύκλωσης*. Πτυχιακή εργασία. Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης Available at: <http://195.251.240.254:8080/handle/10184/4373>
- Μουρατίδης Α., 2006, *Διαχείριση οδών και Οδικών Έργων*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Υπηρεσία Δημοσιευμάτων
- Νικολαΐδης Αθ., 2002, *Οδοποιΐα: Οδοστρώματα, Υλικά και Έλεγχος Ποιότητας*. 2η έκδοση. Θεσσαλονίκη: Μ. Τριανταφύλλου & Σία
- Παναγοπούλου Μ., 2011 [pdf] Σύστημα οικονομικής και περιβαλλοντικής διαχείρισης οδοστρωμάτων με χρήση γενετικών αλγορίθμων. Διατριβή Διπλώματος Ειδίκευσης. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πολυτεχνική Σχολή, Πανεπιστήμιο Πατρών. Available at: [http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/5438/3/Nimertis_Panagopoulou\(pol\).pdf](http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/5438/3/Nimertis_Panagopoulou(pol).pdf)
- Πάνου Θ., 2009 [pdf] *Ποιότητα Αδρανών Υλικών*. Available at: <http://documents.scribd.com.s3.amazonaws.com/docs/443gjiy7sw17v05p.pdf>
- [Πλαστικάστηθαία], n.d. [image online] Available at: [http://www.road-safety.gr/proionta/proionta-eidikon-hriseon/plastika-sththaias#!prettyPhoto\[gallerya20ddeb3a\]/1/](http://www.road-safety.gr/proionta/proionta-eidikon-hriseon/plastika-sththaias#!prettyPhoto[gallerya20ddeb3a]/1/)
- [Πτερύγιοδιπλήςόψης], n.d. [image online] Available at: http://polis-protipo.gr/product_details.php?cat_id=11
- Υπ. Οικονομίας & Οικονομικών, 2007 [online] 540. *ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ Τεχνικές Οδηγίες*. Ηλεκτρονική Βιβλιοθήκη Κ.Π.Σ. Available at: http://www.hellaskps.gr/min_requirements/docs/PE1/DGTSY/2Sygkoinoniaka/TD-D-540.0.htm
- Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., 2006. [pdf] *Προσωρινές Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές Αντιολισθηρή στρώση σφαλτικού σκυροδέματος*. Available at: <http://www.ggde.gr/dmdocuments/05-03-12-01.pdf>
- [Φανόςαναλάμπων], n.d. [image online] Available at: http://polis-protipo.gr/product_details.php?cat_id=42
- ΦΕΚ 50/Α/2.3.2007, *ΝΟΜΟΣ ΥΠ' ΑΡΙΘΜ. 3542 Τροποποιήσεις διατάξεων του Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας (κωδ. ν. 2696/1999, Φ.Ε.Κ. 57/Α')* [pdf] Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο. Available at: http://www.et.gr/idocs-nph/search/pdfViewerForm.html?args=5C7QrtC22wFNA1ry4K61p3dtvSoClrL8J6SqjdsFK_HtlI9LGdkF53Uixsx942CdyqxsQYNuqAGCF0IfB9HI6qSYtMQEkEHLwnFqmgJSA5WlsluV-

nRwO1oKqSe4BIOTSpEWYhszF8P8UqWb_zFijJ_9qxnurz2qDm3PaE81_3LV1sVrsvgUokjgLaO4gef

ΦΕΚ 946/Β/9.7.2003, ΑΠΟΦΑΣΗ Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. Αριθμ. ΔΙΠΑΔ/οικ/502 Έγκριση Τεχνικής Προδιαγραφής Σήμανσης Εκτελούμενων Οδικών Έργων εντός και εκτός κατοικημένων περιοχών ως ελάχιστα όρια. [pdf] Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο. Available at: http://www.et.gr/idosc-nph/search/pdfViewerForm.html?args=5C7QrtC22wFalhF2BrTT7HdtvSoClrL8Mho8ZjhPkGI5MXD0LzQTLf7MGgcO23N88knBzLCmTXKaO6fpVZ6Lx3UnKI3nP8NxdnJ5r9cmWyJWelDvWS_18kaEhATUkJb0x1LIdQ163nV9K--td6SluYZ0wSi2TMmYdp_fem9BLZKSR9hauF_wjfrNeAYIYzqJ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

[A closer view of the Asphalt Solar Collector System under construction on the bridge in Rotterdam] [image online] 2011 Available at: <http://www.roadtraffic-technology.com/features/featureharnessing-the-power-of-sunlight-street-by-street/featureharnessing-the-power-of-sunlight-street-by-street-5.html>

Androjić I., Kaluđer G and Kaluđer F., 2014 [pdf] *Influence of grading on the thin-layer asphalt concrete properties.* Available at: <http://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fhrckak.srce.hr%2Ffile%2F173020&ei=wt5XVLb2OfCN7AbtjIG4Bw&usq=AFQjCNHXWxk-QPNPP03Ni8mdXj5V1yQRTg&sig2=PFTabUr0T-0XKaMOIHpS0g&bvm=bv.78677474,d.ZGU>

Animesh D. and Aravind K, n.d. [pdf] *Bituminous pavement recycling.* Department of Civil Engineering, IIT Kanpur. Available at: <http://web.iitd.ac.in/~akswamy/Published%20Articles/Bituminous%20pavement%20recycling.pdf>

Bobes-Jesus V., Pascual-Munoz P., Castro-Fresno D., Rodriguez-Hernandez J., 2012. Asphalt solar collectors: A literature review. *Applied Energy* [e-journal] Vol.102, p.962-970. Available through: Aristotle University Thessaloniki at website: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030626191200637X#>

Clifford U., 2012 [pdf] *Thin Asphalt Overlays for Pavement Preservation.* Mid-Year Asphalt Pavement Technical Seminar. Flexible Pavements of Ohio. Available at: <http://www.flexiblepavements.org/sites/www.flexiblepavements.org/files/events/conferences/Thin%20Overlays%20for%20Pvmt%20Preservation.pdf>



- EAPA (European Asphalt Pavement Association), 2010, *Asphalt Applications*. [online] Available at: <http://www.eapa.org/promo.php?c=176>
- EAPA (European Asphalt Pavement Association), 2010, *Asphalt*. [online] Available at: <http://www.eapa.org/asphalt.php>
- EAPA (European Asphalt Pavement Association), 2010, *What is Asphalt*. [online] Available at: <http://www.eapa.org/promo.php?c=173>
- Edil T.B., 2013. [pdf] *Characterization of recycled materials for sustainable construction*, Proc. 8th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris, September 2-6 2013. Available at: www.issmge.org/images/joomd/3195-3198.pdf
- Freeman T., Jung Y. and Zollinger D., 2008 [pdf] *GUIDELINES FOR ROUTINE MAINTENANCE OF CONCRETE PAVEMENT*. Project Title: Develop Guidelines for Routine Maintenance of Concrete Pavement. Report 0-5821-1. Texas Transportation Institute. Available at: <http://d2dtl5nnlpfr0r.cloudfront.net/tti.tamu.edu/documents/0-5821-1.pdf>
- Gajda, J. W., and M. G. VanGeem., 2001. [pdf] *A Comparison of Six Environmental Impacts of Portland Cement Concrete and Asphalt Cement Concrete Pavements*. PCA R&D Serial No. 2068, Portland Cement Association. Available at: http://www.nrmca.org/taskforce/Item_2_TalkingPoints/Sustainability/Sustainability/SN2068.pdf
- Hass, R., Tighe, S. L., & Falls, L. C., 2005 [pdf] *Beyond Conventional LCCA: Long Term Return on Pavement Investments*. 2005 Annual Conference of the Transportation Association of Canada. Calgary. Available at: <http://conf.tac-atc.ca/english/resourcecentre/readingroom/conference/conf2005/docs/s7/Haas.pdf>
- Hertel A., 2012. [pdf] *Incorporating Pavement Sustainability Into Municipal Best Practices*, Master thesis, University of Waterloo, Master of Applied Science, Waterloo, Ontario, Canada. Available at: https://uwspace.uwaterloo.ca/bitstream/handle/10012/6975/hertel_attila.pdf?sequence=1
- KUTTER, 2014 [pdf] *Bush hammering method* Available at: http://www.kutter-dsk.de/cms/upload/EN/Broschueren/KUTTER_Bush_hammering_method.pdf
- Kutter, n.d. [online] *Hot Recycling/Remix – Remix compact – Reshape*. Available at: http://www.kutter-dsk.de/cms/front_content.php?idcat=49&lang=2&client=1
- Li J., Luhr D., Mahoney J., Uhlmeyer J., 2013 [pdf] *Evaluation of maintenance effectiveness for WSDOT pavement network*. Available at: <http://www.wsdot.wa.gov/NR/rdonlyres/C228F049-82D7-4576-89E7->

[5CE0DA7680C7/0/TRB143468EvaluationofPavementMaintenanceEffectivenessforWSDOT.pdf](#)

Lightbreather, 2014 [online] *Pavement milling*. Available at:
http://en.wikipedia.org/wiki/Pavement_milling

Luhr D., Kinne Ch., Uhlmeyer J., Mahoney J., 2010, [pdf] *What We Don't Know About Pavement Preservation* In: First International Conference on Pavement Preservation, Newport Beach CA, 13-15 April 2010. Available at:
http://www.deeryamerican.com/PDF/News_Library/Reference%20Material/What%20We%20Dont%20Know%20About%20Pav%20Pres.pdf

Mogg T., 2014 [image online] Available at: <http://www.digitaltrends.com/cars/glow-in-the-dark-road-lights-the-way-to-energy-savings-in-the-netherlands/>

MTAG (Maintenance Technical Advisory Guide), 2008 [pdf] *Chapter 9 Microsurfacing*
Available at: <http://www.dot.ca.gov/hq/maint/MTAGChapter9-Microsurfacing.pdf>

NAPA (National Asphalt Pavement Association), 2014a [online] *Thin Overlays*. Available at:
<http://www.asphaltpavement.org/ThinIsIn>

NAPA (National Asphalt Pavement Association), 2014b [pdf] *Thinlays: The Pavement Preservation Tool of Choice*. NAPA Position on Thin Asphalt Overlays for Pavement Preservation. Available at: http://www.asphaltpavement.org/PDFs/SR210-Thinlay_Position_Paper.pdf

NAPA (National Asphalt Pavement Association), 2014c, [pdf], IS 138 — *4th Annual Asphalt Pavement Industry Survey on Recycled Materials and Warm-Mix Asphalt Usage: 2009–2013*, p.12. Available at: http://www.asphaltpavement.org/PDFs/IS138/IS138-2013_RAP-RAS-WMA_Survey_Final.pdf

Newcomb D., Willis R. and Timm D., n.d. [pdf] *Perpetual Asphalt Pavements: A Synthesis*. Asphalt Pavement Alliance IM-40. Available at:
<http://www.flexiblepavements.org/sites/www.flexiblepavements.org/files/perpetualpavementsynthesis2010.pdf>

OECD, 2008 [online] *Long-Life Surfaces for Busy Roads* International Transport Forum. OECD Publishing Available at:
http://books.google.gr/books?id=GcLYAgAAQBAJ&pg=PA136&lpg=PA136&dq=road+milling+cost+per+m2&source=bl&ots=z6Bj4GfR6q&sig=J9pmLSdzmlO3_cRaFMXgo1vtPS8&hl=el&sa=X&ei=q3tfVLPTBoXfavXGguAN&ved=0CDQQ6AEwAw#v=onepage&q&f=false

Orr D., 2006, [pdf] *Pavement Maintenance*. Cornell Local Roads Program.

Pavement Interactive, 2011 [online] *Bleeding*. Available at:
<http://www.pavementinteractive.org/article/bleeding/>

Radison T., 2013 [online] *8 innovations in road surface products and techniques*. On-Site Magazine - March 2013. Available at: <http://www.on-sitemag.com/news/8-innovations-in-road-surface-products-and-techniques/1002151595/?&er=NA>

[*Porous pavement on Percy Street (between 9th & 10th and Christian & Catherine)*], 2011 [image online] Available at: <http://www.phillydesignblog.com/2011/05/when-it-rains-it-has-pores/>

RSTA, n.d. [online] Surface Products & Treatments

Sulyman, M., Sienkiewicz, M., Haponiuk, J., 2014. [pdf] Asphalt Pavement Material Improvement: A Review. International Journal of Environmental Science and Development. Vol. 5, no. 5, p. 444. Available at: <http://www.ijesd.org/papers/525-D631.pdf>

Summers C., 2008 [online] *Hot rolled asphalt and precoated chippings*. The Idiots' Guide to Highways Maintenance. Available at:
<http://www.highwaysmaintenance.com/hrachips.htm>

[*Surface dressing in Berkshire, Oxfordshire and UK wide*], n.d. [image online] Available at:
<http://www.hazellj.co.uk/surface-dressing#>

TANCo, n.d. [image online] Available at: < <http://www.tanco.gr/english/VMS.aspx> >

Tarstone Surfacing Ltd, n.d. [online] *What is Surface Dressing*. Available at:
<http://www.tarstone.co.uk/surface-dressing.html>

Technical Manual, 1992 [e-book type] *Maintenance and repair of surface areas*. p. 3-37. Departments of the Army, Navy, and Air Force University of Virginia. Available at:
http://books.google.gr/books?id=dagXAAAAYAAJ&pg=PP1&lpg=PP1&dq=MAINTENANCE+AND+REPAIR+OF+SURFACE+AREAS++UNIVERSITY+OF+VIRGINIA&source=bl&ots=ArGRgZJVrb&sig=noruWGMnXlvh86UyYY_uhELH4uE&hl=el&sa=X&ei=bFFFVMLFGsGsygPYuYDADQ&ved=OCB4Q6AEwAA#v=onepage&q=MAINTENANCE%20AND%20REPAIR%20OF%20SURFACE%20AREAS%20%20UNIVERSITY%20OF%20VIRGINIA&f=false

The surfacing company, n.d., [online] *Road planing*

Thodesen C., Carrera A., Dawson A., 2010, [pdf] *Future rehabilitation and maintenance & cost-benefit study of alternative solutions*. Available at:
<http://www.nottingham.ac.uk/~evzard/P2R2C2/Deliverable%20N10.pdf>

- Toiyabe, 2014 [online] *Asphalt concrete*. Available at:
http://en.wikipedia.org/wiki/Asphalt_concrete
- TRB (Transportation Research Board), 2012. [pdf] *Alternative Binders for Sustainable Asphalt Pavements*. Transportation Research Circular E-C165. Washington, D.C. Available at:
<http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec165.pdf>
- Tyson S. and Merritt D, 2005. *TxDOT had nearly 340 precast panels fabricated and installed on the frontage road near I-35 in Georgetown, TX, as part of a demonstration project in 2002. Here, workers guide a partial width precast panel into place* [image online]
Available at: <https://www.fhwa.dot.gov/publications/publicroads/05jan/05.cfm>
- Un., 2014 [online] *Stone mastic asphalt* Available at:
http://en.wikipedia.org/wiki/Stone_mastic_asphalt
- Un., 2012 [online] *Get into the Groove*. Asphalt Contractor. Available at:
<http://www.forconstructionpros.com/article/10753350/get-into-the-groove>
- Un., 2010 [image online] Available at: http://www.iliatora.gr/news_details.php?id=349
- Un., n.d.a [online] *What is sandblasting?* Building and Carpentry. Available at:
http://www.answers.com/Q/What_is_sandblasting&isLookUp=1#Q=what%20is%20sandblasting
- Un., n.d.b [pdf] *ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ITEROXID 100%-K ITERLENE 1301, Εργοστασίου ITERCHIMICA S.R.L, Ιταλίας*
Available at: http://www.axonas.gr/style/pdf/ITEROXID_22106BB5.pdf
- Van Dam T., Taylor P., Fick G., Gress D., VanGeem M., Lorenz E., 2011 [pdf] *Sustainable Concrete Pavements: A manual of Practice*, National Concrete Pavement Technology Center, Iowa State University. Available at:
<http://www.nrmca.org/sustainability/Sustainable%20Concrete%20Pavement.pdf>
- Vittoratos Chr., 2014 [online]: Available at:
<http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%86%CF%83%CF%86%CE%B1%CE%BB%CF%84%CE%BF%CF%82>
- Walls, J. I., & Smith, M. 1998 [pdf] *Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design-Interim Technical Bulletin*. Report No.FHWA-SA-98-079. Available at:
http://www.wsdot.wa.gov/NR/rdonlyres/7A7CC34A-6336-4223-9F4A-22336DD26BC8/0/LCCA_TB.pdf
- Wu S., Chen M., Wang H., Zhang Y., 2009. [pdf] *Laboratory study of thermal conductive asphalt concrete*, International Journal of Pavement Research Technology Vo 2, No 4,



p.130-136. Chinese Society of Pavement Engineering. Available at:
<http://www.ijprt.org.tw/mailweb/files/sample/V2N4%282%29.pdf>