

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΦΘΟΡΕΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ-ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ
ΕΥΚΑΜΠΤΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΠΟΛΥΖΩΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΔΡ. ΜΠΕΣΚΟΥ ΝΙΚΗ

ΠΑΤΡΑ, 2022

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει θέμα « Φθορές Αποκατάσταση- Συντήρηση Εύκαμπτου Οδοστρώματος» και εκπονήθηκε στο τμήμα των Πολιτικών Μηχανικών, του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου. Επιβλέπων καθηγήτρια ήταν η Δρ. Μπέσκου Νίκη , στην οποία θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες, για την ουσιαστική και συστηματική της καθοδήγηση σε όλο το διάστημα εκπόνησης της παρούσας εργασίας.

Τέλος, οφείλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την υπομονή και την στήριξη, που αφειδώς μου παρέχουν σε όλη την διάρκεια των σπουδών μου αλλά και ειδικότερα κατά την συγγραφή της πτυχιακής μου εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα οδικά δίκτυα είναι από τα βασικότερα κομμάτια μιας κοινωνίας και συμβάλλουν τόσο στην οικονομική όσο και στην κοινωνική εξέλιξή της. Από την αρχαιότητα όλοι οι πολιτισμοί επένδυσαν στην κατασκευή οδικών δικτύων τα οποία αξιοποιούσαν κυρίως για τις εμπορικές τους συναλλαγές. Στη σύγχρονη εποχή η χρήση τους είναι αναπόσπαστη από τη ζωή των ανθρώπων. Το οδικό δίκτυο μιας χώρας αποτελεί συνάρτηση της οικονομικής της κατάστασης και του τεχνολογικού επιπέδου της.

Όπως όλες οι κατασκευές έτσι και τα οδικά δίκτυα και κατ' επέκταση τα οδοστρώματα αποτελούν 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 είναι αναγκαία η μελέτη των καταλλήλων επεμβάσεων για την σωστή αρχικά κατασκευή τους αλλά και μεταγενέστερα για την ορθή και ολοκληρωμένη αποκατάσταση των φυσικών και μη προβλεπόμενων φθορών .

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εστιάζει στα εύκαμπτα οδοστρώματα δίνοντας έμφαση στις φθορές που παρουσιάζουν αλλά και στις ενέργειες και εργασίες αποκατάστασης τους.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εκτενής αναφορά στη πορεία των οδικών δικτύων από την αρχαιότητα μέχρι και σήμερα, με αναφορές στα οδικά δίκτυα και στις μεθόδους κατασκευής του Ρωμαϊκού πολιτισμού, του Αρχαίου Ελληνικού κ.α.

Στο δεύτερο κεφάλαιο ορίζεται η βασική έννοια του οδοστρώματος και παρουσιάζονται τα τρία είδη (εύκαμπτα, δύσκαμπτα, ημιεύκαμπτα).

Στη συνέχεια και στο τρίτο κεφάλαιο, αναλύονται τα εύκαμπτα οδοστρώματα και οι παράγοντες από τους οποίους επηρεάζονται, όπως οι κλιματολογικές συνθήκες, η θερμοκρασία, ο παγετός, η βροχόπτωση και ο κυκλοφοριακός φόρτος.

Στο τέταρτο και πέμπτο κεφάλαιο αναλύονται τα χαρακτηριστικά του υπεδάφους και οι φάσεις αστοχίας των οδοστρωμάτων.

Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται εκτενής αναφορά στις φθορές που παρατηρούνται στα εύκαμπτα οδοστρώματα, παρουσιάζοντας τους διάφορους τύπους ρωγμών, τις καθιζήσεις, τις αποσαθρώσεις κ.α.

Στο έβδομο και όγδοο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι μέθοδοι συντήρησης καθώς και τα μέτρα ασφαλείας που πρέπει να λαμβάνονται κατά τη διάρκεια των εργασιών .

Τέλος, γίνεται μια σύνοψη των πληροφοριών για τα εύκαμπτα οδοστρώματα καταλήγοντας σε ορισμένα βασικά συμπεράσματα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	i
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	ii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	iii
Κατάλογος Εικόνων	vi
Κατάλογος Πινάκων.....	vii
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	1
<i>Γενικά</i>	<i>1</i>
<i>Η Ανάπτυξη Των Οδικών Δικτύων Σε Αρχαίους Πολιτισμούς</i>	<i>1</i>
<i>Η Επιστήμη Του μηχανικού Και Η Εξέλιξη Της Οδοποιίας</i>	<i>3</i>
II. ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ	5
<i>Ορισμός Οδοστρώματος.....</i>	<i>5</i>
<i>Ασφαλτικές Στρώσεις</i>	<i>6</i>
<i>Είδη Οδοστρωμάτων.....</i>	<i>6</i>
<i>Εύκαμπτα Οδοστρώματα.....</i>	<i>6</i>
<i>Δύσκαμπτα Οδοστρώματα.....</i>	<i>8</i>
<i>Ημιεύκαμπτα Οδοστρώματα.....</i>	<i>9</i>
III. ΕΥΚΑΜΠΤΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ: ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΟΥΣ.....	10
<i>Κλιματολογικές Συνθήκες</i>	<i>10</i>
<i>Θερμοκρασία Περιβάλλοντος.....</i>	<i>10</i>
<i>Παγετός.....</i>	<i>10</i>
<i>Βροχόπτωση.....</i>	<i>11</i>
<i>Κυκλοφοριακός Φόρτος.....</i>	<i>11</i>
IV. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΠΕΔΑΦΟΥΣ	13
<i>Γενικές Ομάδες Εδαφών.....</i>	<i>13</i>
<i>Φέρουσα Ικανότητα Υπεδάφους.....</i>	<i>13</i>
V. ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ.....	15
<i>Αστοχία στο σχεδιασμό.....</i>	<i>15</i>
<i>Αστοχία στην κατασκευή.....</i>	<i>16</i>
<i>Μη καταλληλόλητα υλικών</i>	<i>17</i>
<i>Αστοχίες στην συντήρηση των οδοστρωμάτων</i>	<i>17</i>
VI. ΦΘΟΡΕΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ.....	18
<i>Ρωγμές τύπου αλιγάτορα (alligator cracks).....</i>	<i>19</i>
<i>Διαμήκειες ρωγμές (longitudinal cracks)</i>	<i>20</i>
<i>Εγκάρσιες ρωγμές (transverse cracks).....</i>	<i>21</i>

<i>Ρωγμές στα άκρα του οδοστρώματος (edge cracks)</i>	21
<i>Ρωγμές ανάκλασης</i>	22
<i>Ρωγμές από ολίσθηση ταπήτων (slippage cracks)</i>	23
<i>Ρωγμές μεταξύ λωρίδων διάστρωσης ή διαπλάτυνσης</i>	24
<i>Ρωγμές συστολής ή συρρίκνωσης (shrinkage cracks/ block cracks)</i>	25
<i>Ελικοειδείς ρωγμές ή ρωγμές τύπου D (D-cracking)</i>	27
<i>Αυλακώσεις στις τροχιές των τροχών – κατά μήκος αυλακώσεις (channels or ruts)</i>	27
<i>Κατά πλάτος αυλακώσεις - κυματώσεις (corrugations - waves)</i>	28
<i>Τοπικές καθιζήσεις</i>	29
<i>Τοπικές διογκώσεις</i>	30
<i>Τοπική επισκευή ή μπάλωμα</i>	30
<i>Αποσαθρώσεις</i>	31
<i>Αποκόλληση των αδρανών</i>	31
<i>Λακκούβες</i>	33
<i>Λείανση της επιφάνειας κύλισης</i>	33
<i>Λείανση των αδρανών (polished aggregate)</i>	35
VII. ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΕΥΚΑΜΠΤΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ	36
<i>Επιφανειακές επεξεργασίες</i>	38
<i>Ήλωση (Bush Hammering)</i>	38
<i>Χάραξη – Εκτομή (Milling)</i>	39
<i>Χάραξη – Πριονισμός (Grooving)</i>	40
<i>Διάστρωση υδροχλωρικού οξέος</i>	41
<i>Αμμοβολή (Sand Blasting)</i>	41
<i>Επιφανειακή Πύρωση (Flame Scouring)</i>	41
<i>Απόξεση (Planing)</i>	41
<i>Διάστρωση διαλύτη</i>	42
<i>Επισκευές ρηγματώσεων</i>	42
<i>Τοπικές επισκευές (Μπαλώματα)</i>	42
<i>Επισκευές περιοχών</i>	42
<i>Πορώδεις ασφαλτοτάπητες</i>	43
<i>Ασφαλτοτάπητες με έμπηκτες ψηφίδες</i>	45
<i>Ασφαλτικές επαλείψεις (Ασφαλτικές επιστρώσεις)</i>	48
<i>Ασφαλτικοί λεπτοτάπητες</i>	50
<i>Ανακύκλωση</i>	51
VIII. ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ	54

<i>Γενικά</i>	54
<i>Απαιτήσεις Ορθής Σήμανσης</i>	54
<i>Οριζόντια Σήμανση</i>	55
<i>Κατακόρυφη Σήμανση</i>	60
<i>Βασικά χαρακτηριστικά πινακίδων σήμανσης οδικών έργων:</i>	61
<i>(Κεφ. 3 της Απόφασης Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε)</i>	61
ΙΧ. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	62
X. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	63

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Το ρωμαϊκό οδικό δίκτυο (https://www.slideshare.net/mankost/ss-102549650)	1
Εικόνα 2: Στρώματα Ρωμαϊκού οδικού δικτύου (https://www.slideshare.net/mankost/ss-102549650) .	2
Εικόνα 3: Αττική Οδός (www.aodos.gr).....	4
Εικόνα 4: Στρώσεις εύκαμπτου οδοστρώματος [10].....	7
Εικόνα 5: Στρώσεις δύσκαμπτου οδοστρώματος [10]	8
Εικόνα 6: Στρώσεις ημιεύκαμπτων οδοστρώματων [10]	9
Εικόνα 7: Μέγιστα επιτρεπτά αξονικά φορτία οχημάτων σε διάφορες χώρες [10]	12
Εικόνα 8: Ρωγμές τύπου αλιγάτορα	19
Εικόνα 9: Διαμήκης Ρωγμή	20
Εικόνα 10: Εγκάρσια ρωγμή (http://info.tensar.co.uk/)	21
Εικόνα 11: Ρωγμές στα άκρα του οδοστρώματος(http://info.tensar.co.uk/)	22
Εικόνα 12: Ρωγμές ανάκλασης [10].....	23
Εικόνα 13: ρωγμές μεταξύ λωρίδων διάστρωσης ή διαπλάτυνσης [10]	24
Εικόνα 14: Χαμηλής έντασης ρωγμές συρρίκνωσης [10].....	25
Εικόνα 15: Μεσαίας έντασης ρωγμές συρρίκνωσης [10]	26
Εικόνα 16: Υψηλής έντασης ρωγμές συρρίκνωσης [10].....	26
Εικόνα 17: Αυλακώσεις στις τροχιές των τροχών [10].....	28
Εικόνα 18: Αυλακώσεις και κυματώσεις κατά πλάτος του οδοστρώματος [10]	29
Εικόνα 19: Μέσης σοβαρότητας μπαλώματα[10].....	30
Εικόνα 20: Χαμηλής σοβαρότητας μπαλώματα [10].....	31
Εικόνα 21: Υψηλής σοβαρότητας μπαλώματα [10].....	31
Εικόνα 22: Μορφές σοβαρότητας αποκόλλησης αδρανών (α,β,γ) [10].....	32
Εικόνα 23: Λακούβα σε οδόστρωμα [10]	33
Εικόνα 24: Επίπεδα σοβαρότητας του φαινομένου ανάδυσης ή εξίδρωσης της ασφάλτου.[10]	34
Εικόνα 25: Λείανση αδρανών σε οδόστρωμα [10]	35
Εικόνα 26: Ήλωση οδοστρώματος (KUTTER, 2014)	38
Εικόνα 27: Χάραξη – εκτομή οδοστρώματος (Milling) (Lightbreather, 2014)	39
Εικόνα 28: Χάραξη – πριονισμός οδοστρώματος (Grooving) [4]	40
Εικόνα 29: Απόξεση οδοστρώματος (Planing) [8].....	41
Εικόνα 30: Διαδικασία εφαρμογής ασφαλτοτάπητα με έμπηκτες ψηφίδες; Διάστρωση θερμού ασφαλτομίγματος, Διάστρωση ψηφίδων στο θερμό ασφαλτόμιγμα, Οδοστρωσία ψηφίδων, Τομή ασύνδετου υλικού στους αρμούς [16]	47
Εικόνα 31: Διάστρωση ασφαλτικής επίστρωσης (Surfacedressing, n.d.)	49
Εικόνα 32: Τόνοι χρησιμοποιούμενων RAP στις ΗΠΑ κατά τα έτη 2009-2013 [3]	53
Εικόνα 33: Ανακλαστήρες οδοστρώματος ή <<Μάτια γάτας>> (https://vianet.gr/product/matia-gatas/)	56
Εικόνα 34: οριοδείκτες, ή «φτερά καρχαρία» (https://ggv.gr/glossa-ftera-karcharia-34-cm-rvc.html)	56
Εικόνα 35: VMS (https://www.monitor-electronics.gr/product/vms-variable-message-sign/).....	57
Εικόνα 36: Κινητή μονάδα σήμανσης (www.odosimansi.gr)	58
Εικόνα 37: Φανός κινδύνου [www.odosimansi.gr].....	59
Εικόνα 38: Σήμανση Ζώνης προειδοποίησης.....	60
Εικόνα 39:Σήμανση Ζώνης προειδοποίησης.....	60

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Δραστηριότητες Συντήρησης (Orr D., 2006, Pavement Maintenance. Cornell Local Roads Program).....	37
Πίνακας 2: Όρια κοκκομετρικών διαβαθμίσεων αδρανών για πορώδεις ασφαλτοτάπητες σύμφωνα με τις Ελληνικές Τεχνικές Οδηγίες [Νικολαΐδης Α. (2002)]	44

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Γενικά

Από τις απαρχές της δημιουργίας της ανθρώπινης ζωής, η σύνδεση των ανθρώπων που βρίσκονταν σε διαφορετικές τοποθεσίες αποτελούσε και αποτελεί επιτακτική ανάγκη. Ιδιαίτερα, αυτή η ανάγκη ενισχύθηκε όταν άρχισαν να εξελίσσονται οι πρώτες μορφές εμπορίας, εξερεύνησης κλπ. ενώ μέχρι εκείνο το σημείο της ιστορίας οι άνθρωποι κυρίως ακολουθούσαν την ροή που προϋπήρχε από τη φύση όπως τη ροή ποταμών, τους δρόμους λόγω φυσικών διεγέρσεων.

Επιπλέον, οι πρώτες αναφορές για τον πρόδρομο του σχεδιασμού τέτοιων έργων, που απαιτούσε την ενεργή ενασχόληση ανθρώπινου δυναμικού αποτελούν οι δρόμοι με λίθους που κατασκευάστηκαν στην Μεσοποταμία, οι δρόμοι με πλίνθους που κατασκευάστηκαν την 3^η χιλιετία στην Ινδία, οι δρόμοι με λίθους της Μινωικής εποχής στην Κρήτη. Ιστορική στιγμή θα μπορούσε να θεωρηθεί η υπεραστική οδός που κατασκευάστηκε από την Σούζα μέχρι τις Σάρδεις και είχε μήκος 2500km.[5].

Η Ανάπτυξη Των Οδικών Δικτύων Σε Αρχαίους Πολιτισμούς

Η αρχαία Ελλάδα διατέλεσε κυρίαρχο ρόλο στην κατασκευή και στο σχεδιασμό ενός οδικού δικτύου μέσα από την δημιουργία των γνωστών ως σήμερα οικοδομικών τετραγώνων, δηλαδή τον διαχωρισμό του εκάστοτε αστικού κέντρου προσαρμοσμένου τόσο γεωμετρικά όσο και σε επίπεδο αναγκών των εκάστοτε κατοίκων της πόλεως. Με αυτό τον τρόπο ο οδικός σχεδιασμός δεν ακολουθεί πλέον το έδαφος όπως γινόταν στα πρωταρχικά στάδια σχεδιασμού αλλά γίνεται βάση πολεοδομικού σχεδιασμού όπως ορίζουν και οι σημερινές ανάγκες. [5]

Η ρωμαϊκή εποχή αποτέλεσε κομβικό σημείο για την εξέλιξη της οδοποιίας. Λόγω της αχανούς έκτασης που κατείχε η ρωμαϊκή αυτοκρατορία, κατασκευάστηκε ένα οδικό δίκτυο που εκτεινόταν από τη Βόρεια Θάλασσα μέχρι τη Σαχάρα και από τον Ατλαντικό μέχρι τη Μεσοποταμία. Η ποιότητα και η αρτιότητα του οδικού δικτύου το κατέστησε ένα από τα καλύτερα οδικά δίκτυα της εποχής, η χρήση του οποίου διατηρήθηκε και μετά την κατάρριψη της αυτοκρατορίας. [5]



Εικόνα 1: Το ρωμαϊκό οδικό δίκτυο (<https://www.slideshare.net/mankost/ss-102549650>)

Ως κυρίαρχα είδη οδοστρωμάτων που κατασκευάστηκαν από τη ρωμαϊκή αυτοκρατορία ήταν η λιθόστρωτη οδός, η χαλικόστρωτη, και η σανιδόστρωτη, η εφαρμογή των οποίων διέφερε ανάλογα με την έκταση που έπρεπε να καλυφθεί. Για παράδειγμα σε μια έκταση 90.000 km εφαρμοζόταν ο λιθόστρωτος τύπος, ενώ για 300.000 km ο χαλικόστρωτος τύπος. Ως υλικά κατασκευής χρησιμοποιούνταν αυτά που ήταν διαθέσιμα στη περιοχή του εκάστοτε έργου. Κύριο γνώρισμα του οδικού δικτύου των Ρωμαίων ήταν οι μεγάλες ευθύγραμμες. Προτιμούσαν τα μεγάλα ευθύγραμμα τμήματα τόσο για λόγους ασφαλείας όσο και για μείωση των αποστάσεων.[5]

Μετά την πτώση της αυτοκρατορίας, το αχανές οδικό δίκτυο ήταν αδύνατον να συντηρηθεί και τα μόνα τμήματα που διατηρήθηκαν ήταν αυτά που εξυπηρετούσαν εμπορικές συναλλαγές.

Επιπλέον οδικά δίκτυα που κρίθηκαν ως ιδιαίτερος σημαντικά είναι αυτά των Ίνκας, με πιο γνωστά την ορεινή Βασιλική οδό και την βασιλική οδό κατά μήκος της ακτή, οι οποίες ενώνονται μεταξύ τους με κάθετους άξονες. [5]



Εικόνα 2: Στρώματα Ρωμαϊκού οδικού δικτύου (<https://www.slideshare.net/mankost/ss-102549650>)

Η Επιστήμη Του μηχανικού Και Η Εξέλιξη Της Οδοποιίας

Από το 18^ο αιώνα και μετά η διαμόρφωση και η κατασκευή των οδικών δικτύων αρχίζει να εντάσσεται στο επάγγελμα του μηχανικού καθώς πλέον είναι απαραίτητη στον ευρωπαϊκό χώρο, η εξέλιξη των δικτύων τόσο για εμπορικούς όσο και για οικονομικούς λόγους. Έτσι, αρχίζει η επιστημονική προσέγγιση του αντικειμένου, όπου το 1712 γράφεται και εκδίδεται το πρώτο εγχειρίδιο οδοποιίας. Συγγραφέας του βιβλίου ήταν ο μηχανικός Hubert Gautier, οποίος εστιάζει κυρίως στην αποστράγγιση των οδών. Ακολουθεί η ίδρυση της πρώτης σχολής οδοποιίας με τίτλο *Ecole Nationale des Ponts et Chaussees*, στο Παρίσι το 1747. Ένα επιπλέον επιστημονικό εγχειρίδιο εκδίδεται το 1775 στο οποίο συντάσσονται οι πρώτοι κανονισμοί κατασκευής οδικών έργων. Με την πάροδο των ετών, επιστήμονες – μηχανικοί εντάσσουν στην επιστήμη της οδοποιίας νέες κατασκευαστικές μεθόδους. Η πιο γνωστή από αυτές είναι η μέθοδος McAdam, η οποία επικράτησε για τα επόμενα χρόνια.[5]

Μια νέα εποχή για την οδοποιία ξεκίνησε με την εμφάνιση του σιδηροδρόμου και του αυτοκινήτου κατά το 18^ο αιώνα και μετά. Οι υπάρχουσες τεχνικές κατασκευής οδών αρχίζουν να προβληματίζουν, καθώς η συνεχόμενη αύξηση της κυκλοφορίας των αυτοκινήτων δεν μπορεί να υποστηριχθεί από τους υφιστάμενους δρόμους, η κατασκευή των οποίων είχε βασιστεί στη γεωμετρία των ιππηλατών και των ζώηλατων οχημάτων. Ο οδικός σχεδιασμός που ακολουθεί, όπου το αυτοκίνητο αποτελεί κυρίαρχο όχημα, χωρίζεται σε τρεις χρονικές περιόδους. Η πρώτη διαρκεί μέχρι τη μεγάλη παγκόσμια οικονομική κρίση του μεσοπολέμου το 1929 και ασχολείται κυρίως με τη γεωμετρία και τις διαστάσεις οδήγησης ενός αυτοκινήτου. Η δεύτερη περίοδος επικεντρώνεται στη δυναμική του αυτοκινήτου και στην εξέλιξη της κυκλοφορίας. Η περίοδος αυτή διαρκεί μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 70. Η τελευταία περίοδος, η οποία διαρκεί μέχρι και σήμερα, είναι προσανατολισμένη στις ψυχολογικές και φυσιολογικές απαιτήσεις του ανθρώπου και στη προστασία του περιβάλλοντος. [5]

Συνεχίζοντας με τη χρονολογική ανασκόπηση της πορείας της οδοποιίας, αξίζει να αναφερθεί πως το 1924 κατασκευάζεται ο πρώτος ευρωπαϊκός αυτοκινητόδρομος με μήκος 130 km και πλάτος 10m, στην Ιταλία. Την ίδια χρονιά ιδρύεται η Εταιρία Μελέτης Οδικών Έργων – STUFA, η οποία το 1929 εκδίδει ολοκληρωμένο πληροφοριακό δελτίο για τυπικές διατομές και το 1937 τους πρώτους κανονισμούς για την κατασκευή υπεραστικών οδικών έργων. [5]

Στο χρονικό διάστημα που ακολουθεί γίνεται τακτική ανανέωση των κανονισμών σε διεθνές πλέον επίπεδο, βασισμένη κυρίως στην εξέλιξη του αυτοκινήτου. Στόχος των συνεχώς εξελισσόμενων κανονισμών είναι η ανάγκη για καλύτερη ποιότητα και εκσυγχρονισμό των οδικών δικτύων, τα οποία θα διακρίνονται για την ασφάλεια, την οικονομία, την λειτουργικότητα και την προστασία του περιβάλλοντος. [5]



Εικόνα 3: Αττική Οδός (www.aodos.gr)

II. ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ

Ορισμός Οδοστρώματος

Οδόστρωμα ονομάζεται ένα σύνολο αποτελούμενο από επάλληλες στρώσεις από διάφορα επεξεργασμένα υλικά πάνω από το φυσικό έδαφος για την ομαλή λειτουργία της οδού.

Σκοπός των οδοστρωμάτων πέραν από μετάδοση των φορτίων κυκλοφορίας στο έδαφος και τη μετατροπή τους σε μόνιμες παραμορφώσεις, στοχεύει στη παραλαβή των καταπονήσεων λόγω κυκλοφορίας ώστε να αποφευχθούν οι ρηγματώσεις, έχει αντιολισθητικό ρόλο με στόχο την ομαλή κυκλοφορία και αποτρέπει την απορρόφηση υδάτων και την επίδραση άλλων περιβαλλοντικών φαινομένων. Μια τυπική διατομή οδοστρώματος αποτελείται από τις ακόλουθες στρώσεις: [10]

1. ΥΠΕΔΑΦΟΣ

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. [1]

2. ΥΠΟΒΑΣΗ

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. [1]

3. ΒΑΣΗ

Οι στρώσεις βάσεις κατασκευάζονται, μεταξύ των στρώσεων υπόβασης και των ασφαλικών 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.[1]

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 [1].

Η ασφαλτική στρώση αποτελεί το ανώτερο στρώμα του οδοστρώματος και πρέπει να αντέχει στον υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο και περιβαλλοντικό που προκαλείται από τις τάσεις χωρίς να εμφανίζει μη ικανοποιητικές 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 αδιαπέρατη, 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. 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. Προκειμένου να συνδεθούν τα αδρανή σε ένα συνεκτικό μίγμα χρησιμοποιείται ως συνδετικό υλικό η άσφαλτος [1].

Είδη Οδοστρωμάτων

Ανάλογα με την ενδοτικότητα τους τα οδοστρώματα διακρίνονται σε:

1. εύκαμπτα (flexible)
2. δύσκαμπτα (rigid)
3. ημιεύκαμπτα

Εύκαμπτα Οδοστρώματα

Στο εύκαμπτο οδόστρωμα η μεταφορά των φορτίων στο έδαφος γίνεται δια μέσου των στρώσεων του. Το ολικό πάχος του εύκαμπτου οδοστρώματος πρέπει να είναι τόσο, ώστε οι δυνάμεις που μεταβιβάζονται σε μεγαλύτερη συνεχώς επιφάνεια να μειωθούν μέχρι να γίνονται ανεκτές από το έδαφος έδρασης του οδοστρώματος. [6]

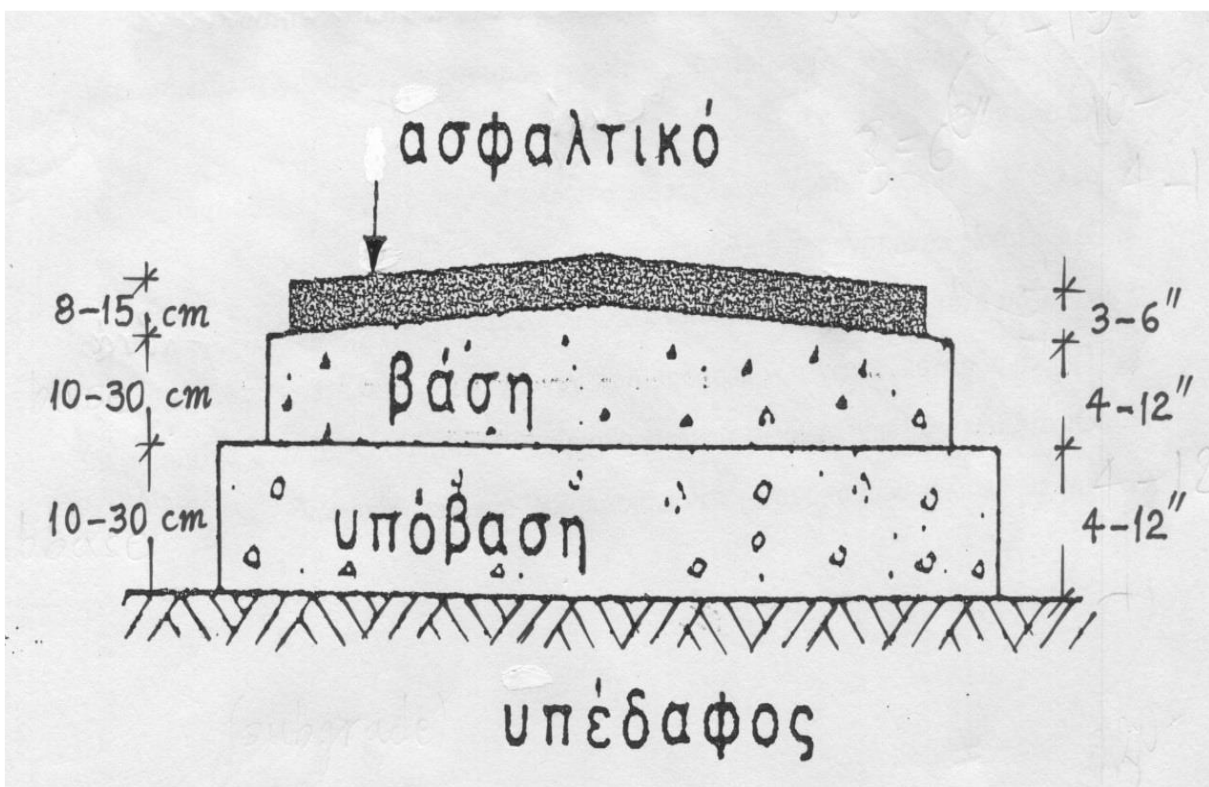
Ένα τυπικό εύκαμπτο οδόστρωμα αποτελείται από πάνω προς τα κάτω από την ασφαλτική στρώση (asphalt concrete-AC ή hot mix asphalt-HMA), τη βάση (base), την υπόβαση (subbase) και το υπέδαφος (subgrade). Η στρώση βάσης των ανωτέρω οδοστρωμάτων αποτελείται, συνήθως, από καλώς διαβαθμισμένο θραυστό αμμοχάλικο και κατασκευάζεται με πάχος από 10 – 30 CM. Αντίστοιχα, η υπόβαση κατασκευάζεται από καλώς διαβαθμισμένο αμμοχάλικο με πάχος 10 – 30 CM. [10]

Σαν εύκαμπτα οδοστρώματα θεωρούνται :

1. Τα ασφαλτικά
2. Τα κυκλοφοριόπηκτα
3. Τα σταθεροποιημένα
4. Τα σκυρωτά

Το παρακάτω σχήμα δείχνει τις τυπικές διαστάσεις παχών των διαφόρων στρώσεων ενός εύκαμπτου οδοστρώματος. Στα εύκαμπτα οδοστρώματα οι στρώσεις υπόβασης-βάσης κατασκευάζονται διότι: [10]

1. Βοηθούν την κατανομή των φορτίων στο έδαφος δια μέσου των στρώσεων
2. Αυξάνουν τη φέρουσα ικανότητα
3. Συντελούν στην αποστράγγιση
4. Παρέχουν προστασία από τον παγετό
5. Αποτρέπουν την άνοδο του νερού λόγω τριχοειδών φαινομένων



Εικόνα 4: Στρώσεις εύκαμπτου οδοστρώματος [10]

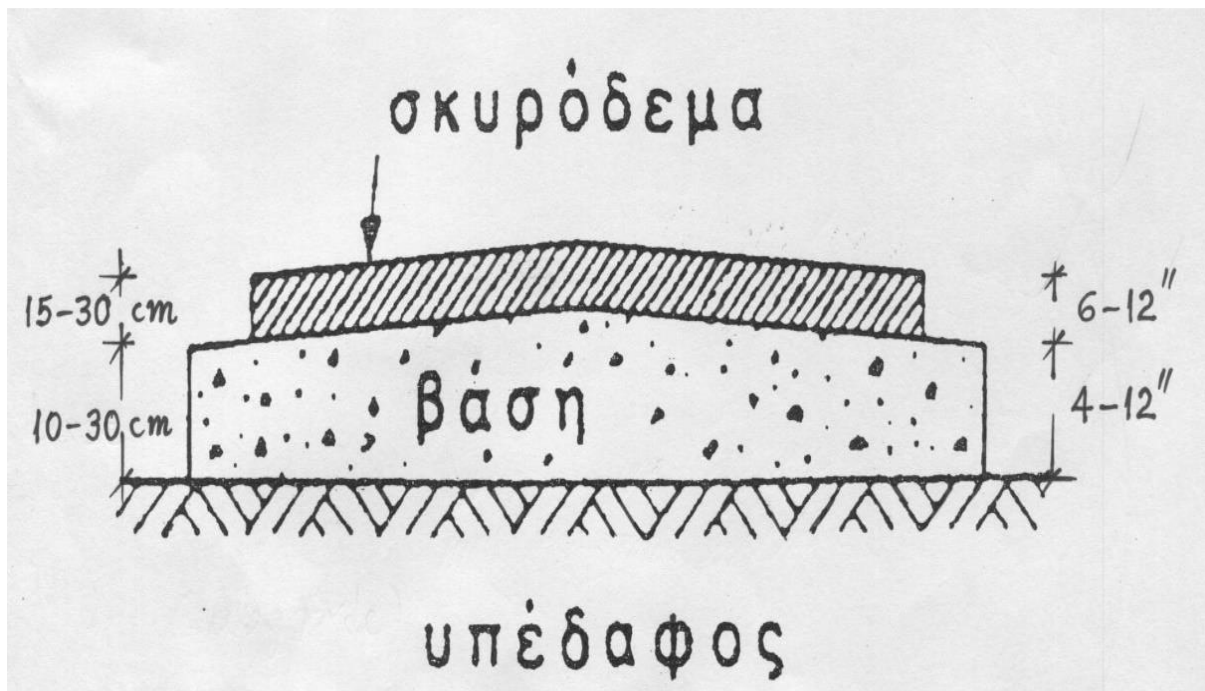
Δύσκαμπτα Οδοστρώματα

Στο δύσκαμπτο οδόστρωμα, όπου το υλικό είναι μεγάλης αντοχής, το κύριο μέρος των τάσεων μεταβιβάζεται στο φορέα, ενώ το έδαφος θεμελίωσης απλώς αντιδρά στην παραμόρφωση του οδοστρώματος. Έτσι, το πρόβλημα του υπολογισμού των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων είναι η στατική επίλυση πλάκας σκυροδέματος, που εδράζεται σε άπειρα ελαστικά σημεία[6].

Ένα τυπικό δύσκαμπτο οδόστρωμα σε τομή φαίνεται στην εικόνα 5 και αποτελείται από πάνω προς τα κάτω από την πλάκα σκυροδέματος (concrete slab), τη βάση (base), η οποία μπορεί και να μην υπάρχει, και το υπέδαφος (subgrade). Το ανωτέρω σχήμα δείχνει επίσης τυπικές διαστάσεις παχών των διαφόρων στρώσεων. Από τις ανωτέρω δύο κατηγορίες οδοστρωμάτων, συντριπτικά μεγαλύτερη εφαρμογή στην πράξη (περίπου 94%) βρίσκουν τα εύκαμπτα οδοστρώματα. [10]

Στα δύσκαμπτα οδοστρώματα η στρώση της βάσης κατασκευάζεται διότι:

- Διευκολύνει την κατασκευή (εξομάλυνση του εδάφους)
- Αυξάνει την αντοχή του οδοστρώματος (δηλ. της πλάκας του σκυροδέματος)
- Αποτρέπει καθιζήσεις του εδάφους
- Παρέχει προστασία από τον παγετό
- Αποτρέπει την άνοδο του νερού λόγω τριχοειδών φαινομένων



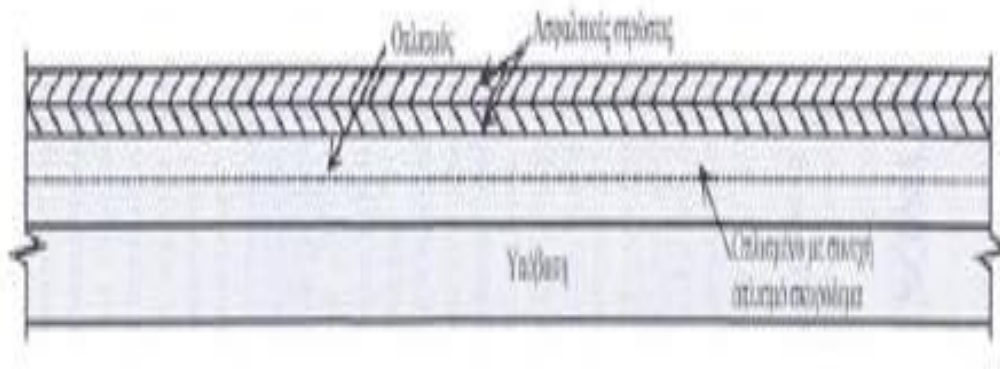
Εικόνα 5: Στρώσεις δύσκαμπτου οδοστρώματος [10]

Ημιεύκαμπτα Οδοστρώματα

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.[14]

Στα ημιεύκαμπτα οδοστρώματα γίνεται κατεργασία του θραυστού αμμοχάλικου της υπόβασης-βάσης (σταθεροποίηση) με τσιμέντο, διότι:

- Αυξάνει την αντοχή του οδοστρώματος
- Μειώνει τις καθιζήσεις
- Παρέχει προστασία από τον παγετό
- Αποτρέπει την άνοδο του νερού λόγω τριχοειδών φαινομένων.



Εικόνα 6: Στρώσεις ημιεύκαπτων οδοστρωμάτων [14]

ΙΙΙ. ΕΥΚΑΜΠΤΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ: ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΟΥΣ

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τον σχεδιασμό των εύκαμπτων οδοστρώματων σχετίζονται με τις κλιματολογικές συνθήκες, τα χαρακτηριστικά του υπεδάφους και το κυκλοφοριακό φόρτο.

Κλιματολογικές Συνθήκες

Οι κλιματολογικές συνθήκες πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη στη διαδικασία υπολογισμού του πάχους των στρώσεων του οδοστρώματος ιδιαίτερα σε περιοχές με ιδιαίτερες καιρικές συνθήκες. Ο συνδυασμός των κλιματολογικών συνθηκών με την φύση του εδάφους μπορεί να επιφέρει αρνητικές συνέπειες και μόνιμες φθορές στο οδόστρωμα. [6]

Θερμοκρασία Περιβάλλοντος

Η μεταβολή της θερμοκρασίας μπορεί να επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό το οδόστρωμα. Σε περιοχές που η θερμοκρασία μπορεί να φτάσει σε ψηλά επίπεδα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, υπάρχει ο κίνδυνος να εμφανιστεί ρευστοποίηση της ασφάλτου που σε συνδυασμό με την κυκλοφορία των οχημάτων μπορεί να προκαλέσει παραμόρφωση της επιφανειακής στρώσης και καταστροφή της επιφάνειας κύλισης. Ταυτόχρονα μπορεί να προκληθεί ανάδυση της ασφάλτου στην επιφάνεια του οδοστρώματος και να δημιουργηθεί έτσι ολισθηρή επιφάνεια κύλισης. [6]

Τα φαινόμενα αυτά οφείλονται στη μείωση του μέτρου δυσκαμψίας (E) του ασφαλτομίγματος που προκαλείται από την αύξηση της θερμοκρασίας. Γι' αυτό το λόγο κατά το σχεδιασμό του ασφαλτομίγματος, πρέπει να επιλέγεται η σωστή κατηγορία και ποσοστό ασφάλτου για αποφυγή αυτών των αρνητικών καταστάσεων. Ανάλογη σημασία πρέπει να δίνεται και σε περιοχές όπου η θερμοκρασία μπορεί να φτάσει σε πολύ χαμηλά επίπεδα κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Η χαμηλή θερμοκρασία μπορεί να προκαλέσει συρρίκνωση του εδάφους με αποτέλεσμα την εμφάνιση ρωγμών. Επίσης σε περίπτωση που γίνει εισχώρηση νερού στο εδαφικό υλικό, η πτώση της θερμοκρασίας μπορεί να προκαλέσει κρυστάλλους πάγου που θα έχουν σαν αποτέλεσμα την παραμόρφωση της στρώσης έδρασης του οδοστρώματος.[6]

Παγετός

Η δράση του παγετού μπορεί να προκαλέσει ανύψωση σε σημεία του οδοστρώματος λόγω των κρυστάλλων που γίνονται πάγος μέσα στο υπέδαφος. Αυτό έχει ως τελική συνέπεια την εμφάνιση ρωγμών στο οδόστρωμα. Για να μπορέσει να δημιουργηθεί ο παγετός πρέπει το έδαφος να είναι ευαίσθητο δηλαδή τα εδάφη με κόκκους μικρότερους του 0,02 χιλιοστά, να υπάρχει νερό και η θερμοκρασία να πέφτει με αργό ρυθμό ούτως ώστε να προλάβουν τα μόρια του νερού να γίνουν πάγος. Όταν μετά ανέβει η θερμοκρασία της υποδομής και αρχίσει να λιώνει ο πάγος από πάνω προς τα κάτω, τότε έχουμε εκεί περίσσειμα νερού, που δεν μπορεί να φύγει. Το νερό αυτό, το οποίο εμποδίζεται να στραγγίσει από τα κατώτερα στρώματα που τα στεγανοποιεί ο πάγος, προξενεί χαλάρωση και μαλάκωμα του εδάφους, δηλαδή σημαντική μείωση της αντοχής της υποδομής (μείωση φέρουσας ικανότητας). Η εμφάνιση τέτοιων φαινομένων εμποδίζει την σωστή κατανομή των φορτίων διαμέσου των στρώσεων του οδοστρώματος στο υπέδαφος και έχει ως επακόλουθα την εμφάνιση παραμορφώσεων και ρηγματώσεων. Η αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων στις περιπτώσεις που ένα οδόστρωμα πρόκειται να κατασκευαστεί σε ευαίσθητο σε παγετό έδαφος γίνεται κατά το στάδιο της διαστασιολόγησης έχοντας ως στόχο:

1. την πρόβλεψη ενός ικανοποιητικού πάχους οδοστρώματος για απομόνωση του εδάφους
2. την μελέτη για υπολογισμό της δομής του οδοστρώματος, λαμβάνοντας υπόψη ότι η αντοχή του υπεδάφους ελαττώνεται κατά τη διάρκεια της τήξεως των πάγων. [6]

Βροχόπτωση

Στο σχεδιασμό των οδοστρωμάτων η βροχόπτωση είναι πολύ σημαντική κυρίως κατά την διάρκεια των χωματοουργικών εργασιών, στα δοκιμαστικά για την αντοχή του εδάφους και στο σχεδιασμό για αποχετευτικά έργα. Στα χωματοουργικά έργα είναι σημαντικό να γνωρίζουμε την υγρασία του εδάφους για να υπολογίσουμε τη συμπύκνωση που πρέπει να γίνει. Εάν υπάρχει συνεχής βροχή αυτό θα είναι δύσκολο. Σε περιπτώσεις όπου τα εκχώματα θα χρησιμοποιηθούν σε επιχώματα, πρέπει να αποξηραθούν. Πρέπει να εκτιμάται η υγρασία του εδάφους για τον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας του η οποία θα καθορίσει το σχεδιασμό. Με αυξομείωση της υγρασίας, τα εδάφη όπως αργιλικά και ιλλύτης επηρεάζονται και προκαλούν διόγκωση ή συρρίκνωση τους. Η βροχόπτωση πρέπει να εκτιμάται και για τον σχεδιασμό αποχετευτικών σχεδιασμών και έργων για να αποφευχθεί η πτώση του οδοστρώματος και συνεπώς ατυχήματα.[6]

Κυκλοφοριακός Φόρτος

Κατά την κατασκευή ενός οδοστρώματος, η αποτίμηση του κυκλοφοριακού φόρτου αποτελεί μία από τις βασικές παραμέτρους της κατασκευής αυτής, αφού για τον καθορισμό του πάχους του οδοστρώματος πρέπει κανείς να γνωρίζει τον αριθμό και το βάρος του κάθε οχήματος. Τα οχήματα που κυκλοφορούν σε μία οδό είναι μίγμα από επιβατικά, λεωφορεία, φορτηγά, νταλίκες κλπ. με διαφορετικό αριθμό αξόνων και διαφορετικό φορτίο το καθένα από αυτά. Ανάλογα με το φορτίο κάθε οχήματος και την κατανομή του σε άξονες, προκύπτει και η καταστροφική του ικανότητα έναντι του οδοστρώματος. Επειδή η καταστροφική ικανότητα των επιβατικών οχημάτων είναι αμελητέα σε σχέση με αυτή των εμπορικών, τα φορτία που χρησιμοποιούνται για τον σχεδιασμό οδοστρωμάτων συνήθως αναφέρονται σε εμπορικά οχήματα. Στα εμπορικά οχήματα οι άξονες μπορεί να είναι μονοί, δίδυμοι ή τρίδυμοι οι οποίοι φέρουν ένα ή δύο ελαστικούς τροχούς ανά πλευρά. Για τον υπολογισμό του φορτίου σε μια οδό χρησιμοποιείται το αξονικό φορτίο 18 kip (80 kN) μονού άξονα. Για την έκφραση του κυκλοφοριακού φόρτου χρησιμοποιείται διεθνώς ως μονάδα μέτρησης ο Ισοδύναμος Τυπικός Άξονας (ITA). Τα μέγιστα επιτρεπτά αξονικά βάρη διαφόρων τύπων οχημάτων, όπως αυτά έχουν θεσπιστεί σε διάφορες χώρες δίνονται στον ακόλουθο πίνακα.[10]

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

^(α) Εξαρτάται από τον άξονα

^(β) Ενδεικτικά όρια. αλλάζει ελαφρώς από Πολιτεία σε Πολιτεία

Εικόνα 7: Μέγιστα επιτρεπτά αξονικά φορτία οχημάτων σε διάφορες χώρες [10]

IV. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΠΕΔΑΦΟΥΣ

Ως έδαφος ορίζεται ως όλα τα υλικά, ανόργανα και οργανικά που περιβάλλουν τον φλοιό της γης υπό μορφή χαλαρών ή μαλακών αποθέσεων. [9]

Υπέδαφος στο σχεδιασμό οδοστρωμάτων ονομάζεται το συμπυκνωμένο και διαμορφωμένο έδαφος στο οποίο κατασκευάζεται το οδόστρωμα. Σε περιπτώσεις που δε είναι αναγκαία η διαμόρφωση του εδάφους, το υπέδαφος ταυτίζεται με την επιφάνεια του φυσικού εδάφους.

Γενικές Ομάδες Εδαφών

1. Κροκάλες, χαλίκια, άμμος: κοκκώδη εδάφη όπου οι κόκκοι τους δεν έχουν συνοχή μεταξύ τους. Αυτό τα κάνει πιο ανθεκτικά σε αξονικές φορτίσεις έχοντας από μόνα τους μια σταθερότητα.
2. Ιλύς: είναι έδαφος με λεπτούς κόκκους οι οποίοι έχουν συνοχή μεταξύ τους. Κοσκινίζονται με τη χρήση κόσκινου Νο 200 (0,075 MM). Έχουν από χαμηλή σε μέτρια πλαστικότητα και επηρεάζονται με αλλαγές της υγρασίας. Για να υπάρχει σταθερότητα στην ιλύ πρέπει να τοποθετηθούν οργανικές ουσίες όπως μαρμαρυγία.
3. Άργιλος: λεπτόκοκκο έδαφος κολλοειδούς μορφής. Έχει την μεγαλύτερη ειδική επιφάνεια από άλλες εδαφικές μάζες. Με την προσθήκη ασβεστίου ή νατρίου μπορεί να σταθεροποιηθεί. Έχουν από μέτρια ως μεγάλη πλαστικότητα και επηρεάζονται δραστικά με την αυξομείωση της υγρασίας.

Φέρουσα Ικανότητα Υπεδάφους

Η αντοχή του υπεδάφους καθορίζει και την διαστασιολόγηση του οδοστρώματος συνεπώς και τα πάχη των στρώσεων. Η φέρουσα ικανότητα του εδάφους απαρτίζεται από πολλούς παράγοντες όπως το μέγεθος των κόκκων και συνεκτικότητας, της υγρασίας, το εδαφικό υλικό και η συμπύκνωση. Η έκφραση της φέρουσας ικανότητας του υπεδάφους γίνεται με βάση του Καλλιφορνιακού δείκτη (CBR), τη τιμή της αντίστασης R, τη τιμή του μέτρου αντίδρασης K και του μέτρου επανάκτησης Mr. [9]

ΚΑΛΛΙΦΟΡΝΙΑΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ CBR:

Είναι ο δείκτης ο οποίος καθορίζει τη κατάσταση του εδάφους σύμφωνα με τη φέρουσα ικανότητα του. Υπολογίζεται με τη δοκιμή CBR η οποία αποβλέπει το καθορισμό της φέρουσας ικανότητας, μετά τη συμπύκνωση στο εργαστήριο, όπου με τη δοκιμή PROCTOR καθορίζεται η βέλτιστη υγρασία ως πρότυπο σύγκρισης. Βασική αρχή της δοκιμής είναι να προσδιορίσει τη τιμή της αντίστασης του εδαφικού συμπυκνωμένου υλικού σε συγκεκριμένες συνθήκες. [10]

Αυτή η μέθοδος αναπτύχθηκε στην Καλιφόρνια στη δεκαετία του 1930 χρησιμοποιείται παγκοσμίως. Ως CBR ορίζεται ο λόγος (σε %) της δύναμης η οποία απαιτείται για να διεισδύσει το έμβολο της συσκευής εντός του εδαφικού υλικού σε ένα βάθος, προς τη δύναμη που απαιτείται σε ένα πρότυπο υλικό. [10]

Πρακτικά όμως όταν ο δείκτης CBR είναι μικρότερος του 3 είναι αναγκαίο να γίνει η συμπύκνωση του εδαφικού υλικού. Είναι επιθυμητό να ελέγχονται οι τιμές του CBR επι τόπου με τις εργαστηριακές τιμές. Στα χονδρόκοκκα εδάφη συνήθως οι εργαστηριακές τιμές διαφέρουν με τα αποτελέσματα στο χώρο εργασίας. Στα αργιλώδη εδάφη όμως σχετίζονται οι δύο τιμές του CBR. Ο έλεγχος είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθεί όταν το οδόστρωμα τοποθετείται στο υπέδαφος και αυτό δεν συμπυκνώνεται κατά την κατασκευή. [10]

ΔΟΚΙΜΗ PROCTOR:

Η δοκιμή αυτή προσδιορίζει τη σχέση μεταξύ της βέλτιστης υγρασίας του εδαφικού υλικού και της μέγιστης πυκνότητας. Μέσα από τη διαδικασία του πειράματος για διαφορετικές περιεκτικότητες υγρασίας, τα ζεύγη τιμών ποσοστού υγρασίας και ξηρή πυκνότητα τοποθετούνται σε γραμμικούς άξονες συντεταγμένων. Η περιεχόμενη υγρασία αντιστοιχεί στο ανώτατο σημείο της καμπύλης και ονομάζεται «βέλτιστη υγρασία» για μέγιστη συμπύκνωση. [6].

V. ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

Η συμπεριφορά του οδοστρώματος σε διάφορες συνθήκες αποτελεί το κύριο λόγο για τον προσεκτικό και βέλτιστο σχεδιασμό του. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματική συμπεριφορά ενός οδοστρώματος αφορούν κυρίως την ποιότητα κατασκευής, την καταλληλότητα των υλικών, ο κυκλοφοριακός φόρτος. οι συνθήκες περιβάλλοντος, η ορθή μελέτη σχεδιασμού. [8]

Επομένως οι ίδιοι παράγοντες που οφείλονται για την σωστή και αποτελεσματική συμπεριφορά ενός οδοστρώματος είναι και οι ίδιοι που αποτελούν τις αιτίες για τις φθορές που υπόκεινται σε βάθος χρόνου μετά την κατασκευή τους. Σημαντικότερη αιτία φθοράς αποτελεί η επαναλαμβανόμενη καταπόνηση από τους κυκλοφοριακούς φόρτους αλλά και σε κύκλους φόρτισης-αποφόρτισης όπως πχ. σε απομακρυσμένες περιοχές όπου η χρησιμοποίηση της οδοποιίας χρησιμοποιείται συγκεκριμένες ώρες της ημέρα ανάλογα με το εργασιακό ωράριο. [8]. Η επίδραση του κυκλοφοριακού φόρτου επιδρά σταδιακά στα οδοστρώματα ειδικότερα, ο άξονας τροχιάς κάθε τροχού του μηχανοκίνητου τόσο δίτροχων όσο και τετράτροχων, αλλά και μεγαλύτερων αυτοκινήτων όπως νταλίκες κλπ. προκαλούν μια στιγμιαία φθορά και συσσωρεύεται και προκαλεί μια βύθιση ή ρηγμάτωση στο οδόστρωμα που γίνεται εμφανής με την πάροδο του χρόνου.

Ακόμη, όπως σε κάθε τεχνικό έργο έτσι και στα οδοστρώματα η επίδραση του περιβάλλοντος τόσο χημικής όσο και φυσικής προέλευσης πχ οδοστρώματα σε νησιά, οδοστρώματα σε ηπειρωτικές περιοχές που υφίστανται κύκλους ψύξης-απόψυξης αποτελούν κατασταλτικό παράγοντα στην εύρυθμη συμπεριφορά του οδοστρώματος. Περαιτέρω, η ποιότητα και η καταλληλότητα των υλικών οδηγούν σε φθίνουσα πορεία την καμπύλη ικανότητας του οδοστρώματος από την αρχική μελέτη.[8]

Η αστοχία ενός οδοστρώματος αφορά τόσο την λειτουργική όσο και την δομική του κατάσταση. Η λειτουργική αστοχία πραγματεύεται την ασφαλή και ποιοτική οδήγηση αλλά και στην αισθητική εικόνα που παρουσιάζει στην διάρκεια του χρόνου. Συνηθισμένες μορφές αστοχίας τέτοιου είδους είναι η απουσία ολισθηρότητας αλλά και στοιχεία αποσύνθεσης όπως αποκόλληση αδρανών, λακκούβες , πτυχώσεις , απώθηση ασφαλτικού υλικού. Ειδικότερα, μπορούμε να πούμε ότι η απώλεια της αντίστασης σε ολίσθηση οφείλεται στο είδος των αδρανών και τον κυκλοφοριακό φόρτο και μεταβάλλεται σε φθίνουσα πορεία από την αρχή λειτουργίας του οδοστρώματος. Η αστοχία που αφορά την δομική λειτουργία θεωρείται ότι είναι η ρηγμάτωση της ασφαλτικής στρώσης που προέρχεται από την καμπτική λειτουργία αλλά και αστοχία σε θλίψη. Εν συνεχεία παρουσιάζονται αναλυτικά οι τέσσερις και πιο κρίσιμοι λόγοι αστοχίας. [10]

Αστοχία στο σχεδιασμό

Είναι γνωστό-άγνωστο ότι οι περισσότερες μελέτες οδοποιίας δεν έχουν μελετηθεί από την αρχή αλλά έχουν τροποποιηθεί βάσει υφιστάμενων μελετών και δρόμων με αποτέλεσμα την μη σωστή ανταπόκριση στα εκάστοτε δεδομένα που χρειάζονται. Αρχικά, σημαντική αιτία αποτελεί η υποδιαστασιολόγηση που πρόκειται για ένα φαινόμενο όπου η μελέτη έχει πραγματοποιηθεί για μικρότερους κυκλοφοριακούς φόρτους από το προβλεπόμενο δηλαδή σε αλλαγή χρήσης του δρόμου από επαρχιακό σε εθνικό, η αλλαγή χρήσης της γης με αύξηση των κατοίκων και επομένων των φορτίων κλπ. [10]

Η αποτυχία στην πρόβλεψη μελλοντικών συνθηκών κυρίως περιβαλλοντικών αποτελεί σημαντική αιτία αστοχίας καθώς μπορεί να μην έχει γίνει πρόβλεψη των συνθηκών αποστράγγισης που θα πρέπει να υφίστανται μετά από 5 έως 10 χρόνια καθώς συνδέονται άρρηκτα με την αλλαγή του περιβάλλοντος όπως πχ φαινόμενο θερμοκηπίου, περιβαλλοντικές καταστροφές όπως πυρκαγιές κλπ. [10]

Οι αλλαγές στην χρήση που προκύπτουν μετά την κατασκευή γνωστό ως όρος «stage-constructed». Με τον όρο αυτό εννοούμε τα φορτία που υφίσταται το τεχνικό έργο κατά τη διάρκεια κατασκευής δηλαδή όταν πχ έχει κατασκευαστεί η μια λωρίδα του δρόμου και έχει δοθεί στο ευρύ κοινό τότε προκύπτουν σαφώς αυξημένα επίπεδα φόρτου σε σχέση με τις αρχικές μελέτες. Στην αστοχία σχεδιασμού μπορούμε να συμπεριλάβουμε αρκετές περιπτώσεις όπως: λεπτή ασφαλτική επικάλυψη, η αποτυχία πρόβλεψης μιας διόγκωσης, η σφράγιση με ασφαλτικές επαλείψεις, η χρήση σταθεροποιητή από ασφαλτικό σκυρόδεμα, όταν η περιεκτικότητα σε λεπτόκοκκα αδρανή είναι υπερβολικά υψηλή (>12%). [10]

Αστοχία στην κατασκευή

Η κακή ποιότητα κατασκευής μπορεί να οφείλεται τόσο σε ανειδίκευτο προσωπικό όσο και στην μη σωστή εφαρμογή των σχεδίων «as-built» που έχουν παραδοθεί από τους μελετητές. Ειδικότερα, η κακή ποιότητα κατασκευής που σύνηθες φαινόμενο σε αυτό είναι η αστοχία της συμπύκνωσης της επιχωμάτωσης σε λεπτά στρώματα που επιλύεται μόνο με την σωστή κατάρτιση των εργαζομένων. Η χρήση ακατάλληλου εξοπλισμού είναι επίσης ένα βασικό αίτιο για την πρόωρη αστοχία. Για να γίνει κατανοητό αυτό, ένας οδοστρωτήρας με μεταλλικό κύλινδρο έχει σκοπό την ασφαλτική επάλειψη ωστόσο αν το βάρος είναι υπερβολικά μεγάλο αυτό μπορεί να οδηγήσει σε σύνθλιψη και θραύση των αδρανών. Σε αυτή την αιτία μπορεί να προστεθεί και η εσφαλμένη χρήση του εξοπλισμού όπως πολύ συχνό φαινόμενο είναι η χρήση συμπιεστή για το σβήσιμο των ρωγμών με αποτέλεσμα την εισροή νερού στις ρωγμές. Η μη καταγραφή του σχεδίου εφαρμογής όπως δηλαδή οι χαράξεις, οι παρακάμψεις, τα υλικά, τα βήματα κατασκευής θα μπορούν να αποτελέσουν αιτία πρόωρης αστοχίας. Όπως και στα συμβατά έργα του πολιτικού μηχανικού όπως πχ η σκυροδέτηση σε συγκεκριμένα όρια θερμοκρασίας περιβάλλοντος έτσι και στα οδοστρώματα αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την σωστή κατασκευή και λειτουργία του οδοστρώματος. Στην αστοχία κατασκευής μπορούμε να συμπεριλάβουμε αρκετές περιπτώσεις όπως: η αποτυχία συμπύκνωσης της τοπικής εξυγίανσης με ψυχρό ασφαλτικό μίγμα που περιέχει ανακυκλωμένα κομμάτια ελαστικών, η χρήση ενός συμπιεστή αέρα χωρίς διαχωριστή ελαίου/νερού για τον καθαρισμό των ρωγμών, η διάστρωση πάνω σε μια βάση που δεν είναι κατάλληλα προετοιμασμένη. [10]

Μη καταλληλόλητα υλικών

Η χρήση υλικών που δεν είναι εγκεκριμένα για την κατασκευή του έργου ή που δεν προδιαγράφονται αλλά και υλικών που χρησιμοποιούνται σε λάθος στιγμή της κατασκευής αποτελεί συχνή αιτία για την αστοχία των οδοστρωμάτων. Το μη σωστό υλικό όπως πολύ συχνό είναι το βρώμικο χαλίκι στη βάση για οικονομικούς λόγους αποτελεί μια από τις κύριες αιτίες αστοχίας αλλά και η δαπανηρή επισκευή των φθορών λόγω της χρήσης τους. Η μη σωστή προδιαγραφή των υλικών που επιτρέπει την χρήση οποιοδήποτε υλικών οδηγεί σε πρόωρη αστοχία. Ακόμη γνωστό φαινόμενο είναι η αποτυχία της τοποθέτησης ενός στοιχείου με μια νεότερη τεχνική ενώ και η ασυμβατότητα των υλικών μπορεί να προκαλέσει πρόωρες αστοχίες.

Ειδικότερα, συνηθισμένη είναι η χρήση σκονισμένων αδρανών που δεν συγκρατούν τα ασφαλτικά γαλακτώματα με αποτέλεσμα την αστοχία του οδοστρώματος. Στην μη καταλληλότητα των υλικών κατασκευής μπορούμε να συμπεριλάβουμε αρκετές περιπτώσεις όπως: 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, η χρήση ψυχρού ασφαλτομίγματος σε περίπτωση τακτικής επισκευής (μπάλωμα) με εσφαλμένη τεχνική, η χρήση σκονισμένων ή υγρών αδρανών σε εργασίες συντήρησης της επιφάνειας [10]

Αστοχίες στην συντήρηση των οδοστρωμάτων

Η συντήρηση ενός οδοστρώματος αποτελεί αιτία πρόωρης αστοχίας αυτού διότι είναι ανεπαρκής και οφείλεται σε λάθη που αφορούν τις διαδικασίες προϋπολογισμού, προγραμματισμού, επικοινωνίας. Ειδικότερα, η συντήρηση προϋποθέτει ότι οι διαδικασίες έχουν μελετηθεί για να ταιριάζουν με συγκεκριμένες συνθήκες και πρέπει να κατασκευάζονται κατάλληλα χρησιμοποιώντας τα σωστά υλικά. Κύριο λόγο σε μια συντήρηση αποτελεί ο σχεδιασμός και η εκλογή της σωστής διαδικασίας για το πρόβλημα που υφίσταται καθώς και ο σωστός προγραμματισμός για αυτό. Σε δεύτερο στάδιο είναι η σωστή κατασκευή της τεχνικής που αφορά ουσιαστικά την σωστή υλοποίηση της ενώ σε τρίτο στάδιο είναι το υλικό που θα χρησιμοποιηθεί για την σωστή υλοποίηση. [10]

VI. ΦΘΟΡΕΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Οι φθορές στο οδόστρωμα ονομάζονται οι κάθε είδους ανωμαλία που υπάρχει στον ασφαλτοτάπητα και δυσχεραίνει την ομαλή κυκλοφορία των οχημάτων. Οι φθορές στο οδόστρωμα θα πρέπει να επισκευάζονται γρήγορα καθώς η μη επισκευή τους θα οδηγήσει σε ακόμα μεγαλύτερες φθορές στο οδόστρωμα και άρα σε μεγαλύτερο κόστος επισκευής, ενώ είναι πιθανό να προκληθούν και τροχαία ατυχήματα εξαιτίας των φθορών που δεν επισκευάστηκαν [14].

Κάθε φθορά του οδοστρώματος κατατάσσεται και εκτιμάται ανάλογα με τον τύπο, τη σοβαρότητα και την έκταση στην οποία παρατηρείται. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι φθορές ταξινομούνται σε τρία επίπεδα ανάλογα με τον βαθμό σοβαρότητας που εμφανίζουν ενώ η έκταση τους μετριέται ή εκτιμάται ως ποσοστό του μήκους που εμφανίζεται το πρόβλημα επί του συνολικού μήκους του απογραφόμενου τμήματος.

Η σοβαρότητα φθοράς νοείται η εκτίμηση της σφοδρότητας της φθοράς ή ο βαθμός επικινδυνότητας που ενέχει. Οι φθορές ανάλογα με τη σφοδρότητα που εμφανίζουν κατατάσσονται σε χαμηλού, μεσαίου και υψηλού βαθμού σοβαρότητας.

Η έκταση φθοράς νοείται η ποσοτική εκτίμηση του μεγέθους της φθοράς. Ανάλογα με τον τύπο της φθοράς η έκταση μπορεί να μετριέται σε μονάδες μήκους, εμβαδόν κάλυψης ή πλήθος εμφάνισης φθορών συγκεκριμένου τύπου.

Τα είδη φθορών που απαντώνται στην ελληνική βιβλιογραφία είναι στο σύνολο τους δεκαοχτώ και παρουσιάζονται τόσο περιγραφικά όσο και εκτενώς παρακάτω.

Η ρηγμάτωση (cracking) είναι η διακοπή της συνέχειας σε μία επιφάνεια ή ένα σώμα. Τα πιο γνωστά είδη ρωγμών είναι τα ακόλουθα:[10],[14]

- Ρωγμές τύπου αλιγάτορα (alligator cracks)
- Ρωγμές στα άκρα του οδοστρώματος (edge cracks)
- Ρωγμές ανάκλασης (reflection cracks)
- Ρωγμές από ολίσθηση ταπήτων (slippage cracks)
- Διαμήκειες ρωγμές ή ρωγμές στην τροχιά των τροχών (wheel path cracks/longitudinal cracks)
- Εγκάρσιες ρωγμές (transverse cracking)
- Ρωγμές μεταξύ λωρίδων διάστρωσης ή διαπλάτυνσης
- Ρωγμές συστολής ή συρρίκνωσης (shrinkage cracks/block cracks)
- Ελικοειδείς ρωγμές ή ρωγμές τύπου D (D-cracking)

Εν συνεχεία θα αναφερθούμε στις πιο διαδεδομένες ρωγμές στα οδοστρώματα:

Ρωγμές τύπου αλιγάτορα (alligator cracks)

Οι ρωγμές τύπου αλιγάτορα (alligator cracks) είναι ρωγμές που σχηματίζουν πολυγωνικά κομμάτια όμοια με αυτά του δέρματος του κροκοδείλου αλιγάτορα. Οι ρωγμές αυτές οφείλονται στη μειωμένη φέρουσα ικανότητα των υποκείμενων στρώσεων (όταν είναι τοπικές) και στην κυκλοφοριακή κόπωση (όταν είναι εκτεταμένες). Σχετικά με τα επίπεδα σοβαρότητας, το χαμηλό επίπεδο αφορά διακλαδιζόμενες, διαμήκεις, ασυνεχείς και περιορισμένου εύρους ρωγμές που αρχίζουν να συνδέονται μεταξύ τους και να σχηματίζουν το μοτίβο ενός αλιγάτορα χωρίς όμως να παρατηρείται αποφλοίωση του οδοστρώματος. Το μεσαίο επίπεδο σοβαρότητας αφορά ρωγμές που σχηματίζουν ένα πλέγμα το οποίο ακολουθεί ξεκάθαρα το μοτίβο του αλιγάτορα. Στις παρυφές της ρηγματωμένης περιοχής το οδόστρωμα πιθανόν να παρουσιάζει σημεία αποφλοίωσης. Το εύρος των ρωγμών μπορεί να είναι μεγαλύτερο από 0,6 CM χωρίς όμως ακόμη να αποκολλώνται κομμάτια από το οδόστρωμα. Στο υψηλό επίπεδο σοβαρότητας παρουσιάζεται ένα καλοσχηματισμένο μοτίβο ρωγμών με ιδιαίτερα εμφανή σημεία αποφλοίωσης ενώ κομμάτια του οδοστρώματος έχουν πλήρως αποκολληθεί και ενδεχομένως φύγει εντελώς από τη θέση τους.



Εικόνα 8: Ρωγμές τύπου αλιγάτορα

Όπως παρατηρούμε την φωτογραφία η έκτασή της φθοράς δεν είναι μεγάλη, δηλαδή αφορά ένα μικρό τμήμα της οδού και δεν επεκτείνεται σε όλο το μήκος της. Το οδόστρωμα παρουσιάζει ένα καλοσχηματισμένο μοτίβο ρωγμών, ιδιαίτερα εμφανή σημεία αποφλοίωσης και κομμάτια του οδοστρώματος έχουν πλήρως αποκολληθεί.

Σε περίπτωση που δεν γίνει άμεσα συντήρηση τα κομμάτια που ήδη έχουν αποχωριστεί θα πεταχτούν από την επιφάνεια του οδοστρώματος και θα δημιουργήσουν μικρές ή μεγάλες λακκούβες προκαλώντας προβλήματα στην άνεση, την ασφάλεια και την οικονομία των οχημάτων. Μια λακκούβα ωθεί τα διερχόμενα αυτοκίνητα σε μανούβρες για την αποφυγή της που είναι αρκετά άβολες για τους επιβάτες και τον οδηγό. Επιπλέον, οι μανούβρες καταναλώνουν περισσότερα καύσιμα από την ομαλή οδήγηση και μπορούν να μειώσουν την ασφάλεια σε περίπτωση μεγάλων ταχυτήτων. Μια ακόμα περίπτωση που επηρεάζει αρνητικά την ασφάλεια είναι η αδυναμία αποφυγής των σχηματισμένων λακούβων πχ λόγω κάλυψής τους από νερό.

Το πόσο γρήγορα θα επιδεινωθεί η φθορά εξαρτάται από τα υλικά της ασφαλτικής στρώσης/βάσης/υπόβασης, την ποιότητα του εδάφους, το πάχος της ασφαλτικής στρώσης, το ποσοστό ασφάλτου και κενών.

Διαμήκεις ρωγμές (longitudinal cracks)

Οι διαμήκεις ρωγμές (longitudinal cracks) είναι ρωγμές παράλληλες με τον άξονα του οδοστρώματος λόγω κυκλοφοριακής κόπωσης (fatigue) και θραύσης υλικού μειωμένου πάχους για τα επιβαλλόμενα φορτία. Το άνοιγμα των ρωγμών αυτών για ένα μέσο επίπεδο σοβαρότητας κυμαίνεται μεταξύ 6 και 19 MM.



Εικόνα 9: Διαμήκης Ρωγμή

Όπως παρατηρούμε την φωτογραφία η ρωγμή διατρέχει το οδόστρωμα περίπου παράλληλα με τον άξονα της οδού. Συνήθως, οι φθορές τέτοιου τύπου εμφανίζονται στις τροχό-αυλακώσεις και σχετίζονται με την απαρχή ρωγμών τύπου αλιγάτορα. Τα αίτια εμφάνισης αυτών των φθορών είναι η κόπωση των ασφαλτομιγμάτων λόγω επαναλαμβανόμενης φόρτισης από την κυκλοφορία και η τοπική θραύση του οδοστρώματος. Η θραύση οφείλεται στη μειωμένη φέρουσα ικανότητα του υπεδάφους σε συνδυασμό με τα μεγάλα αξονικά φορτία που επιβάλλονται και το μειωμένο πάχος ασφαλτικών στρώσεων και της βάσης. Από άποψη έκτασης η φθορά χαρακτηρίζεται ως τοπική καθώς παρουσιάζεται σε ποσοστό μικρότερο του 30% της επιφάνειας του οδοστρώματος ή αλλιώς ως μικρή αφού το συνολικό μήκος των ρωγμών είναι το 1-9% του μήκους του υπό εξέταση τμήματος.

Εγκάρσιες ρωγμές (transverse cracks)

Οι εγκάρσιες ρωγμές (transverse cracks) είναι ρωγμές κάθετα προς τον άξονα του οδοστρώματος λόγω συστολής σε χαμηλές θερμοκρασίες, σκλήρυνσης της ασφάλτου ή ρηγματώσεις υποκείμενων στρώσεων. Το άνοιγμα των ρωγμών αυτών για ένα μέσο επίπεδο σοβαρότητας κυμαίνεται μεταξύ 6 και 19 MM. Η έκταση της φθοράς χαρακτηρίζεται ως μικρή όταν υπάρχουν 1-4 ρωγμές σε μήκος οδοστρώματος 30 m, μέση όταν υπάρχουν 5-9 ρωγμές σε μήκος οδοστρώματος 30 m και μεγάλη όταν υπάρχουν 10 ή και περισσότερες ρωγμές σε μήκος οδοστρώματος 30 m.



Εικόνα 10: Εγκάρσια ρωγμή (<http://info.tensar.co.uk/>)

Ρωγμές στα άκρα του οδοστρώματος (edge cracks)

Οι ρωγμές στα άκρα του οδοστρώματος (edge cracks) είναι επιμήκειες και παρατηρούνται περίπου 30-50 CM από τα άκρα του οδοστρώματος με ή χωρίς εγκάρσιες διακλαδώσεις προς το έρεισμα. Ανάλογα με την σοβαρότητα της φθοράς, μπορεί να μοιάζουν στην μορφή με τις ρωγμές τύπου αλιγάτορα, διαφοροποιούνται όμως ως προς τα αίτια, που στην προκειμένη περίπτωση είναι κυρίως η έλλειψη πλευρικής υποστήριξης του οδοστρώματος και η υποχώρηση των υποκείμενων στρώσεων λόγω ξηρασίας εδάφους, δράσης παγετού, ανεπαρκούς αποστράγγισης, κακής συμπύκνωσης, συρρίκνωσης λόγω υγρασίας του εδάφους της περιοχής ή μειωμένου πάχους των στρώσεων στα σημεία αυτά.

Η έκταση της φθοράς στο κάθε τμήμα του οδοστρώματος χαρακτηρίζεται ως: μικρή όταν το 1/2 ή περισσότερο του τμήματος παρουσιάζει μικρές ρωγμές ή όταν το 1/3 ή περισσότερο του τμήματος παρουσιάζει μικρές ή μεσαίες ρωγμές, μέση όταν τουλάχιστον το 1/2 του τμήματος παρουσιάζει μεσαίες ρωγμές ή όταν τουλάχιστον το 1/3 του τμήματος παρουσιάζει μικρές, μεσαίες και μεγάλες ρωγμές, μεγάλη όταν τουλάχιστον το 1/3 του τμήματος παρουσιάζει μεγάλες ρωγμές.

Όσον αφορά τα επίπεδα σοβαρότητας χαρακτηρίζονται ως μικρή όταν οι φθορές (αποκόλληση αδρανούς υλικού) παρατηρείται κατά μήκος των ακμών του οδοστρώματος, μεσαίες όταν οι φθορές κατά μήκος των ακμών του οδοστρώματος είναι τέτοιες που απαιτούνται τοπικές επισκευές για την αποκατάστασή τους και μεγάλες όταν οι φθορές κατά μήκος των ακμών του οδοστρώματος είναι τέτοιες που η απόσταση από τον άξονα της οδού μέχρι την ακμή του οδοστρώματος είναι λιγότερη από 3m.



Εικόνα 11: Ρωγμές στα άκρα του οδοστρώματος(<http://info.tensar.co.uk/>)

Ρωγμές ανάκλασης

Οι **ρωγμές ανάκλασης** είναι ποικίλων μορφών και κατευθύνσεων που εμφανίζονται από ανάκλαση σε πρόσθετες ασφαλτικές στρώσεις που είχαν σκοπό την αποκατάσταση σοβαρών φθορών του οδοστρώματος. Συνήθως παρουσιάζονται σε ασφαλτικές στρώσεις πάνω σε δύσκαμπτα οδοστρώματα ή οδοστρώματα από βάση με ισχνό σκυρόδεμα ή ακόμη σε επιστρώσεις που έγιναν πάνω από παλιά εγκιβωτισμένα ερείσματα ή διαπλατύνσεις.

Η μορφή και η κατεύθυνσή τους ποικίλει από διαμήκης, εγκάρσια, διαγώνια ή και μερικώς διακλαδιζόμενη, ανάλογα με τη μορφή που είχαν οι παλιές ρωγμές της επισκευασθείσας επιφάνειας. Τα αίτια που προκαλούν αυτού του είδους τις ρωγμές είναι οι κάθετες και οριζόντιες μετακινήσεις του υποκείμενου οδοστρώματος. Οι μετακινήσεις αυτές μπορεί να οφείλονται σε μετακινήσεις του υπεδάφους ή στη διόγκωση και την συρρίκνωση αυτού λόγω ύπαρξης αργιλικών υλικών σε συνδυασμό με αυξομείωση της υγρασίας ή στην κάθετη μετακίνηση των ανεξάρτητων ρηγματωμένων κομματιών της παλαιάς επιφάνειας.

Ανάλογα με την έκταση που καταλαμβάνουν, οι ρωγμές ανάκλασης χαρακτηρίζονται ως: μικρής έκτασης: όταν η συνολική επιφάνεια των ρωγμών αποτελεί ποσοστό μικρότερο του 15% της συνολικής επιφάνειας του υπό εξέταση τμήματος, μέσης έκτασης όταν η συνολική επιφάνεια ρωγμών αποτελεί ποσοστό 16-50 % της συνολικής επιφάνειας του υπό εξέταση τμήματος και μεγάλης έκτασης όταν η συνολική επιφάνεια των ρωγμών αποτελεί ποσοστό μεγαλύτερο του 50% της συνολικής επιφάνειας του υπό εξέταση τμήματος. Όσον αφορά τα επίπεδα σοβαρότητας χαρακτηρίζονται ως χαμηλή όταν υπάρχουν ρωγμές πλάτους 2-6 MM με μικρή ή καθόλου θραύση, ως μέση οι ρωγμές πλάτους 10-13 MM με μέση θραύση και υψηλή ρωγμές ελαχίστου πλάτους 13 MM με σοβαρή θραύση.



Εικόνα 12: Ρωγμές ανάκλασης [10]

Ρωγμές από ολίσθηση ταπήτων (slippage cracks)

Οι ρωγμές από ολίσθηση ταπήτων (slippage cracks) έχουν τη μορφή των ρωγμών αυτών έχει σχήμα μισοφέγγαρου. Οι ρωγμές αυτές οφείλονται σε ολίσθηση του τάπητα κυκλοφορίας επί της υποκείμενης στρώσης λόγω κακής συνοχής αυτών. Η κακή συνοχή των ταπήτων οφείλεται στην απουσία συγκολλητικής επάλειψης ή την ανεπαρκή και κακή συγκολλητική επάλειψη, την ύπαρξη χωμάτων, λαδιών αυτοκινήτου. Πιο σπάνια οι ρωγμές αυτές μπορεί να οφείλονται στη μεγάλη περιεκτικότητα του ασφαλτομίγματος σε λεπτόκοκκα αδρανή ή ακόμη στην κακή συμπύκνωση της υπερκείμενης στρώσης. Ανάλογα με την έκταση που καταλαμβάνουν, οι ρωγμές από ολίσθηση ταπήτων χαρακτηρίζονται ως μικρής έκτασης:

Όταν η συνολική επιφάνεια των ρωγμών αποτελεί ποσοστό μικρότερο του 15% της συνολικής επιφάνειας του υπό εξέταση τμήματος, μέσης έκτασης όταν η συνολική επιφάνεια ρωγμών αποτελεί ποσοστό 16-50 % της συνολικής επιφάνειας του υπό εξέταση τμήματος, μεγάλης έκτασης, όταν η συνολική επιφάνεια των ρωγμών αποτελεί ποσοστό μεγαλύτερο του 50% της συνολικής επιφάνειας του υπό εξέταση τμήματος. Όσον αφορά τα επίπεδα σοβαρότητας χαρακτηρίζονται ως χαμηλή όταν το άνοιγμα ρωγμής είναι έως 1 CM, μέση όταν το άνοιγμα ρωγμής είναι 1-2 CM, υψηλή όταν το άνοιγμα ρωγμής είναι μεγαλύτερο των 2,5 CM.

Ρωγμές μεταξύ λωρίδων διάστρωσης ή διαπλάτυνσης

Οι ρωγμές μεταξύ λωρίδων διάστρωσης ή διαπλάτυνσης εμφανίζονται μεταξύ των λωρίδων διάστρωσης ή τη λωρίδα διαπλάτυνσης και είναι πάντοτε διαμήκεις (εκτός από την περίπτωση διακοπής των εγκαρσίων). Τέτοιου είδους επιφανειακές ρωγμές σχετίζονται με ρηγματώσεις στο εσωτερικό του οδοστρώματος στις θέσεις επαφής των υλικών στρώσης ή είναι ρωγμές που εμφανίζονται στις ακμές της οδού. Αυτές οι ρωγμές δεν σχετίζονται με τα φορτία που διατρέχουν την οδό. Οφείλονται σε κακοτεχνία κατά τη διάρκεια της κατασκευής όπως διάστρωση τάπητα με μειωμένη ποσότητα ασφαλτομίγματος στη ραφή ή ακόμη κακή / ανεπαρκή συγκόλληση της κάθετης επιφάνειας της προηγούμενης λωρίδας διάστρωσης και πτώση της θερμοκρασίας κατά την εκτέλεση εργασιών.

Στην ειδική περίπτωση που η ρωγμή εμφανίζεται πάνω στο σημείο που έγινε διαπλάτυνση της οδού, το αίτιο πιθανόν να είναι η κακή συμπίκνωση των υποκείμενων νέων στρώσεων. Στις περιπτώσεις αυτές θα υπάρχει, κατά πάσα πιθανότητα, εμφάνιση και άλλης μορφής αστοχίας του οδοστρώματος (κυρίως καθίζηση). Όσον αφορά τα επίπεδα σοβαρότητας χαρακτηρίζονται ως χαμηλή όταν οι ρωγμές δεν εμφανίζουν καθόλου ή παρουσιάζουν πολύ μικρά σημάδια αποφλοίωσης στις άκρες τους και το εύρος τους είναι μικρότερο από 0,6 CM, μεσαίες όταν οι ρωγμές δεν εμφανίζουν καθόλου ή παρουσιάζουν μικρά σημάδια αποφλοίωσης αλλά το εύρος τους είναι μεγαλύτερο από 0,6 CM και υψηλές όταν στα τμήματα που υπάρχουν ρωγμές το οδοστρώμα είναι θρυμματισμένο και γύρω από την κύρια ρωγμή ή στα σημεία τομής κύριων ρωγμών πιθανόν να υπάρχουν κι άλλες διάσπαρτες ρωγμές.



Εικόνα 13: ρωγμές μεταξύ λωρίδων διάστρωσης ή διαπλάτυνσης [10]

Ρωγμές συστολής ή συρρίκνωσης (shrinkage cracks/ block cracks)

Οι ρωγμές συστολής ή συρρίκνωσης (shrinkage cracks/ block cracks) αφορούν ουσιαστικά τύπο ρηγμάτωσης κατά τον οποίο η επιφάνεια του οδοστρώματος χωρίζεται σε τμήματα με πλευρές που τέμνονται σχεδόν κάθετα μεταξύ τους. Το φαινόμενο προκαλείται κυρίως από συρρίκνωση του ασφαλτικού τάπητα καθώς και από τις ημερήσιες θερμοκρασιακές μεταβολές. Ρωγμές αυτού του τύπου δεν σχετίζονται με τη διέλευση φορτίων, ωστόσο, τα διερχόμενα φορτία μπορεί να επιδεινώσουν τη σοβαρότητα μεμονωμένων ρωγμών. Ρωγμές αυτού του τύπου υποδηλώνουν υπερβολική σκλήρυνση της ασφάλτου λόγω γήρανσης. Συστολή του ασφαλτομίγματος μπορεί να συμβεί όταν αυτό έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε λεπτόκοκκα αδρανή και φίλλερ και υψηλό ποσοστό σκληρής ασφάλτου.

Η έλλειψη κυκλοφοριακού φόρτου βοηθά στη δημιουργία αυτών των ρωγμών. Σε οδοστρώματα με μικρό κυκλοφοριακό φόρτο, που οι ασφαλτικές στρώσεις είναι μικρού πάχους (περίπου 50 MM), οι ρωγμές συρρίκνωσης είναι πιθανόν να οφείλονται στη συρρίκνωση του υπεδάφους.

Για την έκτασή της φθοράς εξετάζονται ξεχωριστά οι διαμήκεις και οι εγκάρσιες ρωγμές που την αποτελούν, ως χαμηλή συνήθως μόνο εγκάρσιες ρωγμές, πλάτους 2 MM, χωρίς σημάδια θραύσης και η απόσταση των παράλληλων ρωγμών κυμαίνεται μεταξύ 3-6 m, μέση όταν έχουν πλάτους περίπου 6 MM που σχηματίζουν ορθογώνια εμβαδού 1 m² ή μεγαλύτερου, με θραύσεις ή χωρίς θραύσεις ενώ η απόσταση των παράλληλων ρωγμών κυμαίνεται μεταξύ 1,5 και 6 m, υψηλές όταν έχουν πλάτος τουλάχιστον 13 MM, με θραύσεις, που σχηματίζουν ορθογώνια εμβαδού 0,2-1 m². Η απόσταση των παράλληλων ρωγμών κυμαίνεται μεταξύ 30-60 CM.



Εικόνα 14: Χαμηλής έντασης ρωγμές συρρίκνωσης
[10]



Εικόνα 15: Μεσαίας έντασης ρωγμές συρρίκνωσης
[10]



Εικόνα 16: Υψηλής έντασης ρωγμές συρρίκνωσης
[10]

Ελικοειδείς ρωγμές ή ρωγμές τύπου D (D-cracking)

Οι ελικοειδείς ρωγμές ή ρωγμές τύπου D (D-cracking) 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. Εκτός από τον παγετό, η δημιουργία αυτών των ρωγμών οφείλεται και στα φυσικά χαρακτηριστικά των αδρανών και του κονιάματος, τη γεωγραφική θέση της προέλευσής τους και το μέγιστο μέγεθος των αδρανών. Ανάλογα με τη θέση που καταλαμβάνουν οι ελικοειδείς ρωγμές χαρακτηρίζονται ως μικρής έκτασης όταν η συνολική επιφάνεια των ρωγμών αποτελεί ποσοστό μικρότερο του 15% της συνολικής επιφάνειας του υπό εξέταση τμήματος, μέσης έκτασης όταν η συνολική επιφάνεια ρωγμών αποτελεί ποσοστό 16-50 % της συνολικής επιφάνειας του υπό εξέταση τμήματος και μεγάλης έκτασης όταν η συνολική επιφάνεια των ρωγμών αποτελεί ποσοστό μεγαλύτερο του 50% της συνολικής επιφάνειας του υπό εξέταση τμήματος. Όσον αφορά τα επίπεδα σοβαρότητας χαρακτηρίζονται ως χαμηλή όταν το άνοιγμα ρωγμής είναι 1 CM, μέση όταν το άνοιγμα της ρωγμής είναι από 1 έως 2 CM, υψηλή όταν το άνοιγμα ρωγμής είναι μεγαλύτερο των 2 CM.

Στη συνέχεια το επόμενο είδος φθορών που θα αναφερθούμε είναι οι παραμορφώσεις. Οι παραμορφώσεις ή στρεβλώσεις της επιφάνειας του οδοστρώματος είναι οι φθορές εκείνες που χαρακτηρίζουν το οδόστρωμα ως μη επίπεδο. Η εμφάνισή τους αυξάνει την επικινδυνότητα της οδού, αφού προκαλούν μείωση της επαφής του ελαστικού με το οδόστρωμα και συγχρόνως επιφέρουν σημαντική μείωση της άνεσης κατά την οδήγηση. Οι παραμορφώσεις μπορεί και να συνοδεύονται από ρηγματώσεις, γεγονός που επιδεινώνει ακόμη περισσότερο την κατάσταση, κυρίως ως προς τη δομική λειτουργία του οδοστρώματος. Στις παραμορφώσεις περιλαμβάνονται τα εξής:[10]

- Αυλακώσεις στις τροχιές των τροχών-κατά μήκος αυλακώσεις (channels or ruts)
- Κατά πλάτος αυλακώσεις-κυματώσεις (corrugations-waves)
- Τοπικές καθιζήσεις(local depressions/ bird baths)
- Τοπικές διογκώσεις(local upheavals/bumps)
- Τοπικές επισκευές-μπαλώματα του οδοστρώματος (patch)

Αυλακώσεις στις τροχιές των τροχών – κατά μήκος αυλακώσεις (channels or ruts)

Οι αυλακώσεις στις τροχιές των τροχών – κατά μήκος αυλακώσεις (channels or ruts) αφορούν καναλοποιημένες καθιζήσεις κατά μήκος της τροχιάς των τροχών. Η καθίζηση συμβαίνει σταδιακά, φτάνοντας στο μέγιστο βάθος της στο κέντρο της τροχιάς των τροχών. Οι κατά μήκος αυλακώσεις είναι περισσότερο εμφανείς μετά από βροχόπτωση, οπότε και συσσωρεύουν ποσότητα νερού. Οφείλονται στην παραμένουσα παραμόρφωση του ασφαλτομίγματος, στην καθίζηση των στρώσεων λόγω κακής συμπίκνωσης και στην πλευρική μετακίνηση ή συμπίεση μιας ή περισσοτέρων στρώσεων κάτω από την επίδραση των αξονικών φορτίων.

Ανάλογα με το συνολικό μήκος, οι αυλακώσεις στις τροχιές των τροχών χαρακτηρίζονται ως μικρής έκτασης όταν το συνολικό μήκος των αυλακώσεων αποτελεί ποσοστό μικρότερο του 10% του μήκους του υπό εξέταση τμήματος, μέσης έκτασης όταν το συνολικό μήκος των αυλακώσεων αποτελεί ποσοστό 10-20 % του μήκους του υπό εξέταση τμήματος, συχνές όταν το συνολικό μήκος των αυλακώσεων αποτελεί ποσοστό 21-50 % του μήκους του υπό εξέταση τμήματος, εκτεταμένες όταν το συνολικό μήκος αυλακώσεων αποτελεί ποσοστό 51-80 % του μήκους του υπό εξέταση τμήματος και καθολικές όταν το συνολικό μήκος αυλακώσεων αποτελεί ποσοστό 81-100 % του μήκους του υπό εξέταση τμήματος. Όσον αφορά τα επίπεδα σοβαρότητας χαρακτηρίζονται ως χαμηλή όταν το βάθος αυλάκωσης είναι 6-13 MM, μέση όταν το βάθος αυλάκωσης είναι 13-25 MM και υψηλή όταν το βάθος αυλάκωσης είναι μεγαλύτερο από 25 MM.



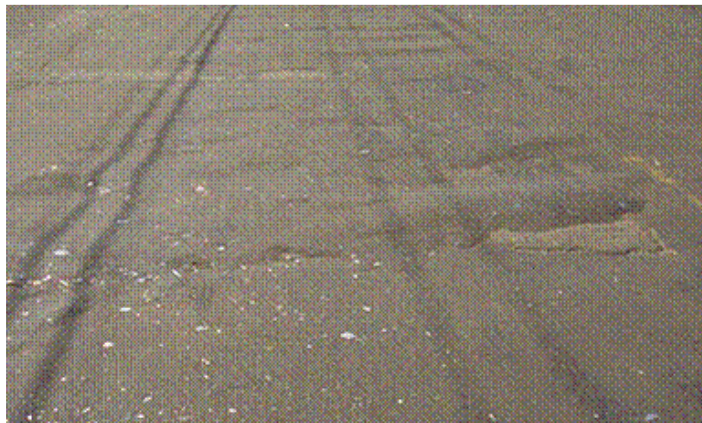
Εικόνα 17: Αυλακώσεις στις τροχιές των τροχών [10]

Κατά πλάτος αυλακώσεις - κυματώσεις (corrugations - waves)

Οι κατά πλάτος αυλακώσεις - κυματώσεις (corrugations - waves) αφορούν μια μορφή πλαστικής μετακίνησης που έχει σαν αποτέλεσμα την τοπική εξόγκωση της επιφάνειας υπό μορφή κυματώσεων κάθετα στον άξονα της οδού με μεγάλη συχνότητα εμφάνισης σε σημεία της οδού όπου η κυκλοφορία σταματά για ένα μικρό χρονικό διάστημα και αναπτύσσονται υψηλές διατμητικές τάσεις. Τέτοιο παράδειγμα είναι οι περιοχές φρεναρίσματος όπως διασταυρώσεις, στάσεις λεωφορείων, σηματοδότες, ανωφέρειες και κατωφέρειες. Ακόμα, βαθιές αυλακώσεις και υψηλά κόστη συντήρησης παρουσιάζονται και σε κυκλικές διασταυρώσεις οδικών αξόνων (roundabouts). Εκεί τα οδοστρώματα αστοχούν επειδή εκτίθενται σε υψηλά επίπεδα τάσεων που προκύπτουν από τις οριζόντιες διατμητικές δυνάμεις που δημιουργούνται από το φρενάρισμα ή την επιτάχυνση των οχημάτων στις εισόδους ή εξόδους αντίστοιχα των βρόγχων, καθώς και από τη φυγόκεντρο δύναμη που αναπτύσσεται από την κυκλική κίνηση. Όταν η πλαστική μετακίνηση είναι τοπική, το φαινόμενο ονομάζεται απώθηση. Οι κυματώσεις αναπτύσσονται σε όλη την επιφάνεια του οδοστρώματος, είναι όμως περισσότερο έντονες στην κύρια λωρίδα της κυκλοφορίας. Οφείλονται αποκλειστικά και μόνο στην χαμηλή ευστάθεια του ασφαλτομίγματος και στην πλαστική παραμόρφωση αυτού.

Τα αίτια της χαμηλής ευστάθειας του ασφαλτομίγματος είναι το υψηλό ποσοστό ασφάλτου, η χρήση ασφάλτου με χαμηλό ιξώδες (μαλακή ασφαλτος με διεισδυτικότητα μεγαλύτερη των 100 pen), το υψηλό ποσοστό άμμου έναντι χονδρόκοκκων αδρανών, η χρήση φυσικών (μη θραυστών και στρογγυλευμένων) αδρανών, η ύπαρξη κενών στο μίγμα μικρότερα της ελάχιστης τιμής και η μη πλήρης εξάτμιση των διαλυτών των διαλυμάτων.

Η έκταση της φθοράς στο εκάστοτε τμήμα του οδοστρώματος χαρακτηρίζεται ως μικρή όταν καταλαμβάνει επιφάνεια 1-9 % της επιφάνειας του οδοστρώματος, μέση όταν καταλαμβάνει επιφάνεια 10-24 % της επιφάνειας του οδοστρώματος και μεγάλη όταν καταλαμβάνει επιφάνεια μεγαλύτερη του 25% της επιφάνειας του οδοστρώματος. Όσον αφορά τα επίπεδα σοβαρότητας χαρακτηρίζονται ως χαμηλή όταν το μέγιστο βάθος είναι έως 5 CM, μέση όταν το βάθος είναι από 5 έως 10 CM και υψηλή όταν το βάθος είναι μεγαλύτερο από 10 CM.



Εικόνα 18: Αυλακώσεις και κυματώσεις κατά πλάτος του οδοστρώματος [10]

Τοπικές καθιζήσεις

Οι τοπικές καθιζήσεις είναι τοπικές ταπεινώσεις της στάθμης της οδού με περιορισμένη έκταση. Το βύθισμα που δημιουργείται, βάθους 2 CM ή περισσότερο, κατακρατεί νερό που δεν αποτελεί μόνο αιτία καταστροφής του οδοστρώματος, αλλά και κίνδυνο για τους χρήστες της οδού, λόγω ολισθηρότητας, πάγου κ.τ.λ. Οι τοπικές καθιζήσεις είναι συνήθως περιορισμένης έκτασης και οφείλονται στην τοπική καθίζηση των υποκείμενων στρώσεων λόγω κυκλοφορίας βαρύτερης της προβλεφθείσας ή λόγω ελαττωματικής κατασκευής του οδοστρώματος. Η έκταση της φθοράς στο εκάστοτε τμήμα του οδοστρώματος χαρακτηρίζεται ως μικρή όταν καταλαμβάνει επιφάνεια 1-9 % της επιφάνειας του οδοστρώματος, μέση όταν καταλαμβάνει επιφάνεια 10-24 % της επιφάνειας του οδοστρώματος και μεγάλη όταν καταλαμβάνει επιφάνεια μεγαλύτερη του 25% της επιφάνειας του οδοστρώματος. Η σοβαρότητα των τοπικών καθιζήσεων καθορίζεται από τη μέγιστη καθ' ύψος απόκλιση από το επίπεδο του ρείθρου και χαρακτηρίζεται ως χαμηλή όταν το μέγιστο βάθος είναι έως 5 CM, μέση όταν το βάθος είναι από 5-10 CM, και υψηλή όταν το βάθος είναι μεγαλύτερο των 10 CM.

Τοπικές διογκώσεις

Οι τοπικές διογκώσεις είναι οι προς τα πάνω μετακινήσεις του οδοστρώματος που χαρακτηρίζονται από διακλαδιζόμενες ρηγματώσεις και οφείλονται σε τοπική διόγκωση του υπεδάφους, της υπόβασης ή της βάσης και σπανίως των ασφαλτικών στρώσεων. Η συνηθέστερη αιτία που προκαλεί τη διόγκωση είναι η διαστολή του εγκλωβισμένου νερού κατά την διάρκεια του χειμώνα λόγω παγετού. Βεβαίως δεν πρέπει να αποκλείεται και η επίδραση της υγρασίας σε διογκούμενα εδαφικά υλικά. Η έκταση της φθοράς στο εκάστοτε τμήμα του οδοστρώματος χαρακτηρίζεται ως μικρή όταν καταλαμβάνει επιφάνεια 1-9 % της επιφάνειας του οδοστρώματος, μέση όταν καταλαμβάνει επιφάνεια 10-24 % της επιφάνειας του οδοστρώματος και μεγάλη όταν καταλαμβάνει επιφάνεια μεγαλύτερη του 25% της επιφάνειας του οδοστρώματος. Η σοβαρότητα των τοπικών διογκώσεων καθορίζεται από τη μέγιστη καθ' ύψος απόκλιση από το επίπεδο του ρείθρου και χαρακτηρίζεται ως χαμηλή όταν το μέγιστο ύψος είναι έως 5 CM, μέση όταν το ύψος είναι από 5-10 CM, και υψηλή όταν το ύψος είναι μεγαλύτερο των 10 CM.

Τοπική επισκευή ή μπάλωμα

Η τοπική επισκευή ή μπάλωμα του οδοστρώματος είναι το τμήμα του οδοστρώματος που αντικαταστάθηκε με καινούργιο υλικό προκειμένου να επιδιορθωθεί τοπικά το οδόστρωμα ή για τη δημιουργία πρόσβασης σε κάποια χρήση γης. Κάθε τοπική επισκευή θεωρείται ατέλεια του οδοστρώματος ανεξάρτητα από την κατάσταση στην οποία βρίσκεται (συνήθως τα τμήματα του οδοστρώματος που έχουν επιδιορθωθεί συμπεριφέρονται λιγότερο καλά από το μητρικό οδόστρωμα). Στις περισσότερες περιπτώσεις οι επιφάνειες των τοπικών επισκευών είναι πιο τραχιές από το υπόλοιπο οδόστρωμα. Γενικά, οι εργασίες που αφορούν τοπικές επισκευές περιορίζονται σε σημεία ή ζώνες του οδοστρώματος και είναι μικρότερες σε μέγεθος και αντικείμενο από τις τυπικές εργασίες αποκατάστασης. Προσωρινά μπαλώματα όπως και μόνιμες επιδιορθώσεις τοπικού χαρακτήρα συμπεριλαμβάνονται σε αυτή την κατηγορία. Επίσης τοπικές επισκευές που κατασκευάζονται για την εξυπηρέτηση χρήσεων γης περιλαμβάνονται στην ίδια κατηγορία. Όσον αφορά τα επίπεδα σοβαρότητας χαρακτηρίζονται ως χαμηλές όταν η τοπική επισκευή ή μπάλωμα του οδοστρώματος αποκαθιστά μικρής σημασίας φθορές, μεσαίες όταν η τοπική επισκευή ή μπάλωμα του οδοστρώματος αποκαθιστά μέτριας σημασίας φθορές και υψηλές όταν η τοπική επισκευή ή μπάλωμα του οδοστρώματος αποκαθιστά υψηλής σημασίας φθορές.



Εικόνα 19: Μέσης σοβαρότητας μπαλώματα[10]



Εικόνα 21: Χαμηλής σοβαρότητας μπαλώματα [10]



Εικόνα 20: Υψηλής σοβαρότητας μπαλώματα [10]

Αποσαθρώσεις

Επόμενη κατηγορία φθορών είναι οι αποσαθρώσεις. Αποσάθρωση είναι η θρυμματίση του οδοστρώματος σε μικρά ασύνδετα κομμάτια. Περιλαμβάνει, επίσης, την αποκόλληση των αδρανών από την επιφάνεια του οδοστρώματος που περιλαμβάνει την Αποκόλληση αδρανών (raveling/weathering) και τις Λακκούβες (potholes/chuckholes). [6],[7],[10]

Αποκόλληση των αδρανών

Η αποκόλληση των αδρανών αφορά την κατάσταση κατά την οποία αποκολλώνται αδρανή από το οδόστρωμα με αποτέλεσμα η υφή της επιφάνειάς του να γίνεται τραχιά και ανώμαλη. Η φθορά επεκτείνεται από την άκρη του οδοστρώματος προς το κέντρο και από την επιφάνεια προς τα κάτω. Η αποκόλληση των αδρανών γίνεται προοδευτικά, αφού πρώτα αποκολλώνται τα λεπτόκοκκα αδρανή και στη συνέχεια τα χονδρόκοκκα. Κατ' αυτόν τον τρόπο το οδόστρωμα αποκτά ολοένα και μεγαλύτερη τραχύτητα, παρουσιάζοντας σε πολλές περιπτώσεις και λακκούβες.

Οι αιτίες που προκαλούν αυτού του είδους τη φθορά είναι η χαμηλή περιεκτικότητα του μίγματος σε άσφαλτο, η χρήση μη καθαρών αδρανών ή αδρανών με τάση να αποσυντίθενται (σαθρά αδρανή όπως π.χ. ψαμμιτικά αδρανή και ασθενή κόλλα), η κατασκευή του τάπητα κατά τη διάρκεια ψυχρού ή υγρού καιρού, η υπερθέρμανση του ασφαλτομίγματος και η μη επαρκή συμπίκνωση στην περίπτωση των ψυχρών ασφαλτομιγμάτων.

Η έκταση αυτών των φθορών υπολογίζεται σε σχέση με την επιφάνεια του υπό μελέτη τμήματος. Γίνεται διαχωρισμός ανάλογα με το εάν η φθορά εντοπίζεται μόνο στην τροχιά των τροχών, κυρίως στην τροχιά των τροχών ή σε ολόκληρη τη λωρίδα κυκλοφορίας. Η σοβαρότητα της φθοράς καθορίζεται από τον μέγιστο βαθμό αποκόλλησης των αδρανών που παρατηρείται στο οδόστρωμα και χαρακτηρίζεται ως χαμηλή όταν τα σκύρα και/ή η συνδετική ύλη της ασφάλτου μόλις αρχίζει να φθείρεται και το οδόστρωμα αρχίζει να δείχνει σημάδια γήρανσης και τράχυνσης, μέση όταν τα σκύρα και/ή η συνδετική ύλη της ασφάλτου έχει φαγωθεί και η υφή της επιφάνειας του οδοστρώματος είναι αρκετά τραχιά ενώ κάποια κομμάτια του οδοστρώματος να είναι σχεδόν αποκολλημένα και μέρος του λεπτόκοκκου υλικού να βγαίνει στην επιφάνεια του οδοστρώματος και υψηλή όταν τα σκύρα και/ή η συνδετική ύλη της ασφάλτου έχει φαγωθεί σε μεγάλο βαθμό και η υφή της επιφάνειας του οδοστρώματος είναι πολύ τραχιά ενώ το λεπτόκοκκο υλικό έχει φύγει από το οδόστρωμα και τα λακκάκια έχουν μέγεθος που φθάνει το μισό του μεγέθους των σκύρων διάστρωσης.



α



β



γ

Εικόνα 22: Μορφές σοβαρότητας αποκόλλησης αδρανών (α, β, γ) [10]

Λακκούβες

Οι λακκούβες είναι οπές διαφόρων μεγεθών και μορφής λεκανών μέσα στο οδόστρωμα. Δημιουργούνται από αδυναμίες του ασφαλτομίγματος ή της δομής του οδοστρώματος όπως έλλειψη συνδετικού υλικού στο ασφαλτόμιγμα, μειωμένο πάχος ασφαλτικής στρώσης, τοπική αστοχία των στρώσεων – κυρίως της βάσης - κατά την κατασκευή και ανεπαρκή αποστράγγιση της οδού. Επίσης, μια βλάβη του δικτύου υδροδότησης ή λιμνάζοντα νερά είναι δυνατόν να προκαλέσουν την υποχώρηση της ασφάλτου. Επιρρεπές σε μετατοπίσεις είναι κυρίως το αργιλώδες έδαφος που εντοπίζεται πολύ συχνά κοντά σε χωράφια.

Η έντονη βροχόπτωση δεν επηρεάζει την κατάσταση του οδοστρώματος. Όμως, αν η άσφαλτος έχει ρωγμές και επιβαρύνεται από βαριά οχήματα, το νερό μπορεί να επιφέρει αλλαγές στο μέγεθος και το βάθος της λακκούβας. Όσον αφορά τα επίπεδα σοβαρότητας χαρακτηρίζονται ως χαμηλές όταν το άνοιγμα της λακκούβας είναι μικρότερο των 8 CM και βάθος όχι μεγαλύτερο από 5 CM, μέση όταν το άνοιγμα της λακκούβας είναι 8-30 CM και βάθος από 5 CM μέχρι 10 CM, ενώ υψηλή όταν το άνοιγμα της λακκούβας είναι μεγαλύτερο από 30 CM και βάθος μεγαλύτερο 10 CM.



Εικόνα 23: Λακκούβα σε οδόστρωμα [10]

Λείανση της επιφάνειας κύλισης

Επόμενη κατηγορία φθοράς είναι η λείανση της επιφάνειας κύλισης που περιλαμβάνει την ανάδυση ασφάλτου (asphalt bleeding/flushing) και την λείανση αδρανών (polished aggregate). Η λείανση της επιφάνειας κύλισης, σε αντίθεση με τους άλλους τύπους φθορών, δεν επιδρά στην επιδείνωση της δομικής κατάστασης του οδοστρώματος, αλλά στο επίπεδο ασφάλειας και εξυπηρέτησης αυτού. Είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ολισθηρότητα του οδοστρώματος, λόγω μείωσης της μικροϋφής και μακροϋφής της επιφάνειας του και κατά συνέπεια και της μείωσης του συντελεστή τριβής μεταξύ ελαστικών και επιφάνειας.

Η **ανάδυση ασφάλτου (asphalt bleeding / flushing)** είναι το φαινόμενο της κάθετης μετακίνησης ασφάλτου μέσα στο ασφαλτόμιγμα και η εμφάνιση της στην επιφάνεια του οδοστρώματος, δημιουργώντας έναν ασφαλτικό υμένα που υπερκαλύπτει τα αδρανή. Υποδηλώνεται από εκχείλιση ασφαλτικού υλικού στην επιφάνεια του οδοστρώματος που εμφανίζει γυαλιστερή, σαν καθρέφτη, επιφάνεια η οποία σε υψηλές θερμοκρασίες γίνεται κολλώδης.

Στα πρώιμα στάδια εμφάνισης του φαινομένου οι φθορές δύσκολα μπορεί να ταξινομηθούν σε τοπικές και σε εκείνες που παρουσιάζονται κατά μήκος των τροχό-αυλακώσεων.

Ωστόσο, όσο αυξάνεται η σοβαρότητα των φθορών η ταξινόμηση γίνεται ευκολότερη. Για την περιγραφή του προβλήματος συνήθως επιλέγεται η τροχό-αυλάκωση που παρουσιάζει τις μεγαλύτερες φθορές και υψηλές θερμοκρασίες και δεν είναι αναστρέψιμο κατά τους χειμερινούς μήνες, με αποτέλεσμα την συσσώρευση ασφάλτου στην επιφάνεια του οδοστρώματος. Η ανάδυση ασφάλτου πρέπει πάντα να καταγράφεται όταν υπάρχει σε τέτοια έκταση ώστε να μειώνεται η τριβή ολίσθησης μεταξύ ελαστικών και επιφάνειας.

Η ύπαρξη ποσότητας ασφάλτου μεγαλύτερη της απαιτούμενης σε μια ή περισσότερες στρώσεις του οδοστρώματος οφείλεται πιθανότατα σε ασφαλτόμιγμα πολύ πλούσιο σε άσφαλο, ασφαλτικό διαλύτη που μεταφέρει την άσφαλο στην επιφάνεια, βαριά κυκλοφορία που επιφέρει πρόσθετη συμπίεση σε ασφαλτόμιγμα πλούσιο σε άσφαλο και σε ψεκάσμο πλέον της απαιτούμενης ποσότητας συγκολλητικής επάλειψης ή προ επάλειψης (μόνο στην περίπτωση τάπητα πάχους 40-50 CM). Όσον αφορά τα επίπεδα σοβαρότητας χαρακτηρίζονται ως χαμηλή όταν μικρές ποσότητες σκύρων της επιφάνειας έχουν καλυφθεί από υπερβολική ποσότητα ασφάλτου αλλά η κατάσταση βρίσκεται ακόμη σε πρώιμο στάδιο, μέση όπου σημαντικά τμήματα των επιφανειών σκύρων καλύπτονται με πλεονάζουσες ποσότητες ασφάλτου ενώ σε μεγάλα τμήματα του οδοστρώματος επιφανειακά σκύρα είναι ορατά, ακόμα και στις περιοχές με εκχείλιση της ασφάλτου, και υψηλή όταν τα επιφανειακά σκύρα καλύπτονται, στο μεγαλύτερο τμήμα της επιφάνειας, με πλεονάζουσες ποσότητες ασφάλτου ενώ η επιφάνεια δείχνει να είναι υγρή και σε ζεστό καιρό γίνεται κολλώδης.

Η έκταση αυτού του είδους των φθορών υπολογίζεται σε σχέση με την επιφάνεια του υπό μελέτη τμήματος. Γίνεται διαχωρισμός ανάλογα με το αν η φθορά εντοπίζεται μόνο στην τροχιά των τροχών, κυρίως στην τροχιά των τροχών ή σε ολόκληρη την λωρίδα κυκλοφορίας.



Εικόνα 24: Επίπεδα σοβαρότητας του φαινομένου ανάδυσης ή εξίδρωσης της ασφάλτου.[10]

Λείανση των αδρανών (polished aggregate)

Η λείανση των αδρανών (**polished aggregate**) πρόκειται για φθορά αδρανών λόγω της κυκλοφορίας, με αποτέλεσμα την εμφάνιση λείας και ολισθηρής επιφάνειας στο οδόστρωμα. Οφείλεται κυρίως σε κακή εκτίμηση της αντοχής των αδρανών του ασφαλτομίγματος και χρήση ακατάλληλων αδρανών, όπως επίσης και σε βύθιση των χονδρόκοκκων αδρανών στο ασφαλτόμιγμα υπό την επίδραση της κυκλοφορίας. Η έκταση αυτού του είδους των φθορών υπολογίζεται σε σχέση με την επιφάνεια του υπό μελέτη τμήματος. Γίνεται διαχωρισμός ανάλογα με το αν η φθορά εντοπίζεται μόνο στην τροχιά των τροχών, κυρίως στην τροχιά των τροχών ή σε ολόκληρη την λωρίδα κυκλοφορίας. Όσον αφορά τα επίπεδα σοβαρότητας χαρακτηρίζονται ως χαμηλή όταν η λείανση αδρανών είναι σε ποσοστό 10-25 % της επιφάνειας του τμήματος, μέση όταν η λείανση των αδρανών είναι σε ποσοστό 25-50 % της επιφάνειας του τμήματος, και υψηλή όταν η λείανση των αδρανών είναι σε ποσοστό μεγαλύτερο του 50 % της επιφάνειας του τμήματος.



Εικόνα 25: Λείανση αδρανών σε οδόστρωμα [10]

VII. ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΕΥΚΑΜΠΤΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Στο προηγούμενο κεφάλαιο πραγματοποιήθηκε μια εκτενής αναφορά στις αιτίες απώλειας της φέρουσας ικανότητας των ευκάμπτων οδοστρώματων και επομένως στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει εκτενής αναφορά στους τρόπους συντήρησης και επισκευής αυτών. 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. [9]

Ο όρος 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:

1. τον καθαρισμό της επιφάνειας του οδοστρώματος, του συστήματος αποστράγγισης, της σήμανσης, καθώς και την αποψίλωση των πρανών, το κλάδεμα των δέντρων και της φύτευσης,
2. την αποκατάσταση των φθορών γύρω από τα φρεάτια επίσκεψης, των φθορών της σήμανσης και του φωτισμού
3. την αντικατάσταση των κατεστραμμένων στηθαίων ασφαλείας, σημάτων
4. τη χειμερινή συντήρηση του οδοστρώματος, δηλαδή τον εκχιονισμό και την πρόληψη της δημιουργίας πάγου στην επιφάνεια του οδοστρώματος

Ο όρος προληπτική συντήρηση (preventive maintenance) περιλαμβάνει εργασίες που έχουν ως σκοπό να προλάβουν την πρόωρη εμφάνιση φθορών, δηλαδή την πρόωρη καταστροφή του οδοστρώματος. [9]

Ο όρος διορθωτική συντήρηση (corrective maintenance) έχει ως σκοπό τη διόρθωση των ατελειών της επιφάνειας του οδοστρώματος, οι οποίες είναι επικίνδυνες για την ασφάλεια των χρηστών. [9]

Η μεθοδολογία που ακολουθείται στις εργασίες προληπτικής και διορθωτικής συντήρησης είναι αλληλεξαρτώμενες και σε αυτές συγκαταλέγονται: [9]

1. Η σφράγιση ρωγμών
2. Η πλήρωση των λάκκων
3. Η τοπική εξυγίανση (μπαλώματα)
4. Οι ασφαλικές επαλείψεις (surface dressing),
5. Η σφραγιστική με τσιμεντολάσπη (slurry)
6. Οι εργασίες για την αποκατάσταση της
7. Η ολισθηρότητα και η ομαλότητα της επιφάνειας.

Σε αντίθεση ο όρος 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 (ασφαλτική 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). Εν συνέχεια παρουσιάζεται ένας ενδεικτικός πίνακας με τους όρους συντήρησης σε συνάρτηση με το αποτέλεσμα και το χρόνο που εκτελείται.[9]

Πίνακας 1: Δραστηριότητες Συντήρησης (Orr D., 2006, Pavement Maintenance. Cornell Local Roads Program)

<i>Είδος Συντήρησης</i>	<i>Απαιτείται</i>	<i>Προηγείται της φθοράς</i>	<i>Επέκταση χρόνου ζωής του τεχνικού</i>
<i>Συνεχής (Routine)</i>	✓	Ναι/Όχι	Ναι/Όχι
<i>Προληπτική (Preventive)</i>	✓	✓	✓
<i>Διορθωτική (Corrective)</i>	✓	✗	✓
<i>Κύρια (Demand)</i>	✗	✗	Ναι/Όχι

Επομένως, είναι εύλογο να καταλήξουμε στο συμπέρασμα 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 και έτσι, η αποκατάσταση των ασφαλικών, κυρίως, στρώσεων κρίνεται απαραίτητη. [9].

Ο όρος αποκατάσταση ενός οδοστρώματος περιλαμβάνει τις 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 προ απαιτούνται αλλά και έπονται αυτής. Παράλληλα, ως αποκατάσταση χαρακτηρίζεται μια επέμβαση όταν το πάχος της ασφαλικής επίστρωσης είναι τουλάχιστον 25 MM, διαφορετικά ονομάζεται συντήρηση κατά το Asphalt Institute. [3]

Εν συνεχεία θα αναλυθούν πλήρως οι τεχνικές επισκευής των εύκαμπτων οδοστρωμάτων οι οποίες χρησιμοποιούνται για τη συντήρηση των φθαρμένων οδοστρωμάτων, αλλά και για τη βελτίωση των επιφανειακών τους χαρακτηριστικών ενώ κατά τον Μουρατίδη [8] ένας μέρος των τεχνικών αυτών δεν μπορεί να εκτελεσθεί σε νέα οδοστρώματα ειδικών απαιτήσεων.

Επιφανειακές επεξεργασίες

Οι εργασίες που πραγματοποιούνται στην επιφάνεια ενός οδοστρώματος στοχεύουν στην επαναφορά της αντιολισθητικής του ικανότητας, η οποία φθείρει 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. [8]

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 την συντήρηση των αυλακώσεων της επιφάνειας. Όμως, μπορεί να χρησιμοποιηθεί πριν την εφαρμογή νέας ασφαλικής στρώσης σε μια υπάρχουσα επιφάνεια, καθώς βοηθάει στην αποτελεσματικότερη συγκόλληση μεταξύ τους [8].



Εικόνα 26: Ήλωση οδοστρώματος (KUTTER, 2014)

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 [4]. 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 [4].



Εικόνα 27: Χάραξη – εκτομή οδοστρώματος (Milling) (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 άσφαλο θερμού ασφαλτομίγματος (hot mix asphalt) συνδυάζοντας με νέα υλικά αδρανών και ασφαλτικό τσιμέντο ως συνδετικό υλικό.

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 τροχό-αυλακώσεις, οι επωθήσεις, καθώς και η φθορά από τροχαία ατυχήματα και πυρκαγιά [4]. 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.[4]

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. [4] 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. [4]



Εικόνα 28: Χάραξη – πριονισμός οδοστρώματος (Grooving) [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.[8]

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.

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». [8]

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. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται ευρέως στην αστική οδοποιία, καθώς η συνεχής διάστρωση ασφαλτοταπήτων δημιουργεί πρόβλημα ανύψωσης της ερυθράς της οδού. [8]

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. Επιπλέον, συνιστάται ως μια μέθοδος φιλική προς το περιβάλλον, καθώς ελαχιστοποιεί τα απόβλητα της ανακατασκευής των οδοστρωμάτων.



Εικόνα 29: Απόξεση οδοστρώματος (Planing) [8]

Διάστρωση διαλύτη

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε περιπτώσεις εξίδρωσης ασφάλτου με σκοπό την 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 την δέσμευση των υγρών ουσιών και ο καθαρισμός της επιφάνειας του οδοστρώματος [8].

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. [15]

Τοπικές επισκευές (Μπαλώματα)

Η δημιουργία μπαλωμάτων (patching) είναι μια δραστηριότητα που πραγματοποιείται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους για να διατηρήσει βαθιά την επιφάνεια των οδοστρωμάτων. Οι περισσότερες επιδιορθώσεις γίνονται για την πλήρωση λάκκων. Λακκούβες, ρωγμές ολίσθησης και άλλες ατέλειες του οδοστρώματος μπορούν, επίσης, να επισκευαστούν καλύτερα με τοπικές επισκευές (μπαλώματα), όμως, δεν μπορούν να επιδιορθωθούν 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. [15]

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. [15]

Πορώδεις ασφαλτοτάπητες

Οι 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». 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. [8]

Η τεχνική αυτή επιλέγεται κυρίως για δύο βασικούς λόγους, οι οποίοι είναι:

1. 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
2. η μείωση του κυκλοφοριακού θορύβου, λόγω δημιουργίας κατάλληλης επιφανειακής μακροϋφής και σύστασης μίγματος

Τα μειονεκτήματα των μιγμάτων αυτών είναι:

1. η ταχύτερη οξειδωση της ασφάλτου, η μικρή αντοχή του μίγματος στις αυξομειώσεις της περιεκτικότητας της ασφάλτου
2. η μικρότερη διάρκεια ζωής σε σχέση με μίγματα κλειστού τύπου (περί τα 20 έτη)
3. η μείωση της αποτελεσματικότητας και λειτουργικότητας αυτών λόγω πλήρωσης των κενών με σκόνες και άμμο
4. η απαίτηση για ύπαρξη καλής υποκείμενης στεγανής επιφάνειας με ικανοποιητική εγκάρσια κλίση
5. η μείωση της φέρουσας ικανότητας της στρώσης σε σύγκριση με μίγματα κλειστού τύπου
6. 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. [8]

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. Η τεχνική αυτή ξεκίνησε να εφαρμόζεται στην Ευρώπη την δεκαετία του '80 και σήμερα χρησιμοποιείται ευρέως στο Βέλγιο, την Ολλανδία, τη Γαλλία και την Ισπανία. Η επιλογή της αναλογίας των συστατικών, καθώς και η κοκκομετρική διαβάθμιση διαφέρει από χώρα σε χώρα. Το μίγμα ενός πορώδους ασφαλτοτάπητα χαρακτηρίζεται από το ποσοστό των κενών και το κλάσμα κενού κοκκομετρίας. Επειδή αυτό το είδος ασφαλτοτάπητα θεωρείται ανοιχτού τύπου σύστασης, διέπεται από αυστηρές προδιαγραφές σχετικά με τις μηχανικές κυρίως ιδιότητες των αδρανών. Το συνιστώμενο πάχος του πορώδους τάπητα είναι 40 MM και βασική προϋπόθεση αποτελεί η χρήση σκληρών αδρανών, μη ασβεστολιθικών, κατάλληλων για αντλιοσθηρές στρώσεις. Η άσφαλτος που χρησιμοποιείται συνήθως είναι τροποποιημένη άσφαλτος (ελαστομερής ή πολυμερής) και η συνηθής περιεκτικότητά της στο μίγμα κυμαίνεται από 3,5% - 5,0%. Οι τροποποιημένοι άσφαλτοι που χρησιμοποιούνται παράγονται με την προσθήκη ελαστομερών και πλαστομερών, όπως ίνες, πολυμερή και καουτσούκ. Υπερβολικά μικρά ποσοστά ασφάλτου δημιουργούν προϋποθέσεις για αποσύνθεση του τάπητα (disintegration), ενώ αντίστοιχα τα μεγάλα ποσοστά ασφάλτου μπορεί να οδηγήσουν στον διαχωρισμό (segregation) των συστατικών κατά την μεταφορά τους στο εργοτάξιο για διάστρωση. Στην Ελλάδα η χρήση των πορώδων ασφαλτικών ταπήτων είναι πολύ περιορισμένη. Στις πειραματικές τους εφαρμογές σε Θεσσαλονίκη και Ιωάννινα οι κοκκομετρίες που χρησιμοποιήθηκαν διαφέρουν από τις προδιαγραφές της Αγγλίας (TRRL) και του Βελγίου. Οι προτεινόμενες από τις Τεχνικές Οδηγίες κοκκομετρικές διαβαθμίσεις, είναι όμοιες με αυτές της προδιαγραφής ASTM D 3515 για ανοιχτού τύπου αντλιοσθηρές στρώσεις, χωρίς να χαρακτηρίζονται ως μίγματα πορώδους σύνθεσης. [8]

Πίνακας 2: Όρια κοκκομετρικών διαβαθμίσεων αδρανών για πορώδεις ασφαλτοτάπητες σύμφωνα με τις Ελληνικές Τεχνικές Οδηγίες [8]

Μέγεθος κόσκινου τετραγωνικής οπής (ASTM)	Ονομαστικό μέγεθος μεγίστου κόκκου	
	12,5 mm	9,5 mm
	Ποσοστό διερχόμενο (%)	
19,00 mm (3/4")	100	100
12,50 mm (1/2")	90 - 100	100
9,50 mm (3/8")	60 - 100	90 - 100
4,75 mm (No 4)	15 - 40	30 - 50
2,36 mm (No 8)	4 - 12	5 - 15
1,18 mm (No 16)	-	-
0,30 mm (No 50)	-	-
0,07 mm (No 200)	2 - 5	2 - 5
Συνιστώμενο πάχος στρώσης	4 - 5 cm	3 - 4 cm

Ένας πορώδης ασφαλτοτάπητας παράγεται στις ίδιες εγκαταστάσεις με τα συνήθη ασφαλτομίγματα. Επειδή η ψύξη των ασφαλτομιγμάτων που διαστρώνονται σε λεπτό πάχος είναι ταχεία, οι θερμοκρασίες παραγωγής είναι κάπως υψηλότερες, από τις αντίστοιχες των ασφαλτομιγμάτων συνήθους πάχους. Ειδικότερα, η θερμοκρασία ανάμιξης (θερμοκρασία στην έξοδο του αναμικτήρα) πρέπει να είναι 150° - 170° C.

Οι πορώδεις τάπητες εδράζονται πάνω σε στρώσεις ασφαλτοσκυροδέματος πυκνής σύνθεσης και κατάλληλης επίκλισης, ώστε να εξασφαλίζεται η ομαλή απορροή των ομβρίων, χωρίς να εισέρχεται νερό στις υποκείμενες στρώσεις. Λόγω του μικρού πάχους των πορωδών ταπήτων, απαιτείται συγκολλητική επάλειψη με μικρή ποσότητα ασφαλτικού γαλακτώματος για την αποφυγή δημιουργίας επιφάνειας ολίσθησης του τάπητα πάνω στην επιφάνεια έδρασης, καθώς και για πρόσθετη στεγανοποίηση της επιφάνειας της στρώσης έδρασης.

Το ασφαλτόμιγμα διαχέεται με χρήση διανομέα ασφάλτου και με την προσθήκη αραιωμένου ασφαλτικού γαλακτώματος (με περιεκτικότητα 30% σε άσφαλο) και διαστρώνεται σε όλο το πλάτος του δρόμου, χωρίς κατά μήκος ραφές. Αν αυτό δεν είναι δυνατόν (π.χ. λόγω παρεμπόδισης της κυκλοφορίας), η ένωση των λωρίδων γίνεται με προσεκτική θέρμανση της ήδη κατασκευασμένης επιφάνειας, ώστε να μην εμποδίζεται η απορροή. Στις κατά μήκος ή εγκάρσιες στον άξονα της οδού ραφές δεν επιτρέπεται η επάλειψη με ασφαλτικό, ή η κατασκευή αρμού συγκόλλησης, λόγω παρεμπόδισης της απορροής των ομβρίων. Η συμπίκνωση πραγματοποιείται με ελαφρά κυλίνδρωση με τη χρήση οδοστρωτήρα 8-10 t με λείους κυλίνδρους (συνήθως αρκούν 1-2 διελεύσεις). Σε περίπτωση βροχής, δυνατού ανέμου ή θερμοκρασιών κάτω των 20° C, οι εργασίες διακόπτονται, όπως επίσης και όταν υπάρχει νερό στην επιφάνεια έδρασης των πορωδών ταπήτων. [8]

Ασφαλτοτάπητες με έμπηκτες ψηφίδες

Η τεχνική αυτή συνίσταται στην διάστρωση ενός ασφαλτοτάπητα χωρίς χονδρόκοκκα συστατικά, στην επιφάνεια του οποίου εμπήγνυται εν θερμώ προεπικαλυμμένες ψηφίδες (precoated chippings). [8]

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. Εφαρμόζονται ιδιαίτερα σε περιπτώσεις οδών ταχείας κυκλοφορίας, καθώς και σε τμήματα οδών υψηλής επικινδυνότητας λόγω των υψηλών δεικτών αντισιδηρότητας, που είναι δυνατόν να επιτευχθούν και τοποθετούνται στην πρώτη σειρά των αντισιδηρικών στρώσεων κυκλοφορίας και θεωρούνται ως μέσο θεραπείας της ολισθηρότητας.

Για την εφαρμογή αυτής της τεχνικής απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή ως προς την επιλογή των ψηφίδων (κοκκομετρία, σκληρότητα, αντοχή σε φθορά, στίλβωση), ως προς τα μηχανήματα διάστρωσης και τις συνθήκες κατασκευής (ρυθμός διάστρωσης, θερμοκρασία). Η εκτέλεση των εργασιών ξεκινά με τη διάστρωση του θερμού ασφαλτομίγματος (Hot Rolled Asphalt – HRA) από τη μηχανή οδοστρωσίας (finisher) στο απαιτούμενο πάχος μέχρι τη γραμμή και το επίπεδο που καθορίζει την περιοχή. Το πάχος του τάπητα θα πρέπει να είναι κατάλληλο για το μέγεθος των σκύρων και το ποσοστό των χονδρόκοκκων αδρανών του ασφαλτικού μίγματος. Έπειτα, ακολουθεί η διάστρωση των ψηφίδων (σκύρων).

Η ποιότητα του μηχανήματος της διασποράς και του εργατοτεχνικού προσωπικού που το λειτουργεί υπαγορεύουν σε μεγάλο βαθμό το αν το θερμό ασφαλτόμιγμα και οι ψηφίδες που θα διαστρωθούν θα δημιουργήσουν μια αποδεκτή επιφάνεια σε εμφάνιση και οδική ποιότητα. Ένα κακοσυντηρημένο μηχάνημα θα είναι πολύ δύσκολο να παράγει ένα καλό οδόστρωμα. Οι ψηφίδες κατανέμονται ομοιόμορφα σε ποσότητα 12 kg/m^2 , η οποία συνήθως είναι επαρκής για να δημιουργήσουν βάθος υφής 1,5 MM., καθώς εμπήγνυνται στην καυτή στρώση του ασφαλτομίγματος.

Κατόπιν, ακολουθεί η συμπύκνωση, η οποία χαρακτηρίζεται ως μια επιδέξια διαδικασία. Τα σκύρα δεν πρέπει να διαστρωθούν ούτε σε πολύ υψηλή θερμοκρασία, καθώς θα «εξαφανιστούν» στο ασφαλτόμιγμα, αλλά ούτε και σε πολύ χαμηλή, καθώς τότε δύναται σύντομα να κινδυνέψουν με αποκόλληση. Ιδιαίτερη προσοχή επιβάλλεται σε περιπτώσεις ψυχρού περιβαλλοντικού αέρα, οπότε συστήνεται τα τρία μηχανήματα (finisher, διασποράς και οδοστρωτήρας) να εργάζονται πολύ στενά μεταξύ τους.

Τέλος, πραγματοποιείται η κοπή των αρμών. Είναι καλή πρακτική η δημιουργία κάθετων αρμών, οι οποίοι αφαιρούν το χαλαρό και ασυμπιεστο υλικό και κατόπιν, στο πλήρες συμπιεσμένο τμήμα του αρμού περιχύνεται ζεστή πίσσα και, έτσι, παράγεται ένας ισχυρός σύνδεσμος. Συνήθως αναγνωρίζεται ότι το τμήμα που πρέπει να κοπεί βρίσκεται σε απόσταση ίση με το βάθος της στρώσης, ώστε να βρεθεί η υγιής και συμπυκνωμένη άσφαλτος. Ένας σωστά κομμένος και βαμμένος αρμός θα διαρκέσει επ' αόριστο και υπάρχουν πολλά ανάλογα παραδείγματα. Δυστυχώς, όμως υπάρχει σχεδόν ένας ίσος αριθμός παραδειγμάτων αποτυχημένων αρθρώσεων που έχουν λάβει ή θα χρειαστεί να λάβουν διορθωτική επέμβαση. Σε ορισμένες περιπτώσεις μάλιστα οι αρθρώσεις μπορεί να είναι τόσο κακές, που να αποτελούν τον λόγο για την πρόωγη ανάπλαση του οδοστρώματος της περιοχή. Πριν την παράδοση της οδού σε κυκλοφορία πραγματοποιείται επιμελής καθαρισμός της επιφάνειας κυκλοφορίας για να απομακρυνθούν τυχόν ψηφίδες που δεν ενσωματώθηκαν στον τάπητα. Μια σωστά σχεδιασμένη, κατασκευασμένη, αποθηκευμένη, μεταφερόμενη και διαστρωμένη ασφαλτική επιφάνεια με έμπηκτες ψηφίδες έχει τη δυνατότητα ζωής για τριάντα χρόνια.





Εικόνα 30: Διαδικασία εφαρμογής ασφαλτοτάπητα με έμπηκτες ψηφίδες; Διάστρωση θερμού ασφαλτομίγματος, Διάστρωση ψηφίδων στο θερμό ασφαλτόμιγμα, Οδοστρωσία ψηφίδων, Τομή ασύνδετου υλικού στους αρμούς [16]

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 συνδετικό ασφαλτικό υλικό (καθαρή ή τροποποιημένη άσφαλτος, γαλακτώματα, μίγματα ασφάλτων και πίσσας) και ακολουθεί η διάστρωση των αδρανών και η συμπίκνωση της στρώσεως. [7]

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. Τα μειονεκτήματα που παρουσιάζει είναι: [7]

1. η ευαισθησία στις κλιματικές συνθήκες, η αδυναμία στην βελτίωση της μηχανικής αντοχής του οδοστρώματος
2. η ακαταλληλότητα σε περιπτώσεις έντονων αστοχιών επιπεδότητας (πτυχώσεων, κοιλωμάτων, παραμορφώσεων, αυλακώσεων) της επιφάνειας κυκλοφορίας
3. η συχνή εμφάνιση προβλημάτων θορύβου
4. η εμφάνιση εξίδρωσης (ανάδυση ασφάλτου) σε υψηλές θερμοκρασίες
5. 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)

Υπάρχουν τρία είδη ασφαλτικών επαλείψεων:

1. η απλή επίστρωση
2. η διπλή επίστρωση
3. η απλή επάλειψη με διπλή επίστρωση αδρανών

Μπορούν να τοποθετηθούν, κατά τη συντήρηση των οδικών δικτύων, σε υδατόπηκτα οδοστρώματα, ασφαλτοτάπητες, χαλικόστρωτες οδούς και οδοστρώματα σκυροδέματος, καθώς και σε πορώδεις ασφαλτοτάπητες με διπλή επάλειψη (δύο στρώσεις συνδετικού υλικού).[7]

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται για την αντιμετώπιση των ακόλουθων περιπτώσεων των ασφαλτικών οδοστρωμάτων:

1. Κάλυψη των καταστραμμένων στρώσεων κυκλοφορίας και σφράγιση τυχόν ρωγμών
2. Επαναφορά ικανοποιητικής συμπεριφοράς έναντι ολισθηρότητας
3. Μείωση του ρυθμού φθοράς των επιφανειακών ασφαλτοταπήτων
4. Τροποποίηση του χρώματος της επιφάνειας κυκλοφορίας είτε για λόγους κυκλοφοριακών ρυθμίσεων είτε για λόγους ορατότητας και ασφάλειας

Αρχικά, η πίσσα, συνήθως με τη μορφή γαλακτώματος, σε κατάλληλο ποσοστό ψεκάζεται πάνω στην επιφάνεια του οδοστρώματος από την ράβδο ψεκασμού, η οποία βρίσκεται στο πίσω μέρος ενός μεγάλου βυτιοφόρου που περιέχει το γαλακτώμα ασφάλτου. Ως συνδετικό υλικό χρησιμοποιούνται ασφαλτικά διαλύματα, γαλακτώματα αλλά και τροποποιημένη άσφαλτος για τις δύσκολες θέσεις της οδού. [7]

Απαραίτητη είναι η προεργασία καθαρισμού, καθώς και η διάστρωση προεπάλειψης. Η ασφαλτική προεπάλειψη ή σφραγιστική στρώση συνιστάται σε επιφάνειες χαλικόστρωτων οδών ή ρηγματωμένων οδοστρωμάτων, ενώ η συγκολλητική επάλειψη σε επιφάνειες πλακών σκυροδέματος. Έπειτα, πάνω στην πίσσα εφαρμόζονται αμέσως τα σκύρα του κατάλληλου μεγέθους με τη χρήση ενός «διασκορπιστή», που ρυμουλκείται συνήθως πίσω από το φορτηγό που περιέχει τα σκύρα. Κατόπιν, σε μικρή απόσταση από το μηχάνημα ακολουθεί ο οδοστρωτήρας για την συμπύκνωση της στρώσης. Συνήθως 3 – 4 διελεύσεις με ταχύτητα 8 – 10 km/h είναι ικανοποιητικά. Μετά το τέλος των εργασιών η λωρίδα παραδίδεται σε κυκλοφορία.[17]

Για να διεξαχθούν οι εργασίες απαραίτητη προϋπόθεση είναι η θερμοκρασία να είναι μεγαλύτερη των 10ο C χωρίς βροχόπτωση και η επιφάνεια να είναι ενιαία, στεγνή και καθαρή. Όσο αφορά τους αρμούς, πρέπει να σφραγίζονται προκαταρκτικά για την αποφυγή δημιουργίας ανωμαλιών στην επιφάνεια κατά την διάστρωση.

Η άσφαλτος της ασφαλτικής επίστρωσης, καθώς ασφαλίσει τα σκύρα στην υφιστάμενη επιφάνεια, σφραγίζει το παλιό οδόστρωμα εμποδίζοντας, έτσι, την είσοδο του νερού, διότι το νερό, αν επιτραπεί να εισέλθει στις υποκείμενες στρώσεις, θα προκαλέσει σοβαρή βλάβη στην αντοχή/φέρουσα ικανότητα του δρόμου έχοντας ως αποτέλεσμα την πρόωρη αστοχία του δρόμου. Τα σκύρα αποκαθιστούν την υφή της ασφαλτικής επιφάνειας, η οποία έχει λειανθεί εξαιτίας της φθοράς από την κυκλοφορία, συμβάλλοντας έτσι σημαντικά στην πρόληψη ατυχημάτων λόγω ολίσθησης. Στις ασφαλτικές επαλείψεις απαιτείται η χρήση αδρανών υψηλής ποιότητας (σκληρά, καθαρά, ανθεκτικά σε φθορά και στίλβωση). Η ασφαλτική επάλειψη δεν προσθέτει δύναμη στο οδόστρωμα, αλλά διατηρεί ένα υγιές οδόστρωμα σε μια ισχυρή κατάσταση για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Οι πιο συχνές της αστοχίες είναι η απόσπαση των αδρανών και η εξίδρωση, οι οποίες οφείλονται σε κατασκευαστικές αστοχίες.[17]

Σκοπός της τεχνικής αυτής είναι η δημιουργία ενός σταθερού μωσαϊκού από αδρανή συνδεδεμένο με ασφάλεια στην επιφάνεια του δρόμου, το οποίο παρέχει μια ολοκληρωμένη στεγανοποίηση εμποδίζοντας την είσοδο του νερού μέσα στο οδόστρωμα, και μια φρέσκια σκληρή επιφανειακή στρώση ανθεκτική στην ολίσθηση.



Εικόνα 31: Διάστρωση ασφαλτικής επίστρωσης (Surface dressing, n.d.)

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. [17]

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. Με τη χρήση τους επί υφιστάμενων οδοστρωμάτων έχουν ως στόχο την συντήρηση και τη βελτίωση των επιφανειακών τους χαρακτηριστικών. Ειδικότερα: [17]

1. Βελτιώνουν την επιφανειακή υφή του οδοστρώματος και μειώνουν την ολισθηρότητα
2. Εξαλείφουν το φαινόμενο της εκτόξευσης ύδατος από την επιφάνεια κυκλοφορίας,
3. Χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία νέων ταπήτων σε αστικές περιοχές, όπου το πάχος του ασφαλτοτάπητα πρέπει να διατηρείται σε συγκεκριμένα όρια
4. Μειώνουν το θόρυβο
5. 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:

1. Η υψηλή αντοχή σε κόπωση και γήρανση
2. Η καλή συμπεριφορά υπό υψηλές θερμοκρασίες
3. Η αντίσταση σε διάβρωση και αποκόλληση του συνδετικού υλικού
4. Η απλή εφαρμογή (ως ψυχρά, συνήθως, μίγματα)
5. Η δυνατότητα αποκατάστασης αστοχιών επιπεδότητας

Οι ασφαλτικοί λεπτοτάπητες είναι κατάλληλοι ως θεραπεία σε οδοστρώματα τα οποία :

Έχουν τις ακόλουθες βλάβες:

1. «ξηρής όψεως», λεπτά οδοστρώματα, που είναι πορώδη και διαπερατά
2. έχουν αρχίσει να εμφανίζουν εκδορές
3. έχουν εκτεταμένες ρωγμές και είναι υπερβολικά λεπτά για σφράγιση των ρωγμών τους
4. έχουν ρωγμές στην επιφάνεια, οι οποίες είναι εκτεταμένες για να επισκευαστούν μόνο με σφράγιση
5. έχουν κρ่าσπεδο, το οποίο δεν επιτρέπει στρώσεις με μεγάλα πάχη

Εμφανίζουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

1. δεν έχουν δομική βλάβη (κόπωση)
2. δεν εμφανίζουν αξιόλογες αυλακώσεις
3. έχουν επαρκή απομένουσα δομική αντοχή για να διαρκέσει η θεραπεία συντήρησης

Κάθε κράτος έχει διαφορετικές απαιτήσεις στην διαβάθμιση και τη συνολική ποιότητα των αδρανών. Εξ' ορισμού τα αδρανή που χρησιμοποιούνται σε έναν ασφαλτικό λεπτοτάπητα πρέπει να έχουν μικρό ονομαστικό μέγιστο μέγεθος αδρανών (nominal maximum aggregate size – NMAS). Για παράδειγμα, σε επιστρώσεις που είναι 1,5 ίντσες (37,5 MM) ή λιγότερο, το NMAS πρέπει να είναι 12,5 MM και μικρότερο, προκειμένου η υπερύψωση της ερυθράς στην αναλογία NMAS να διατηρείται από 3:1 έως 5:1, ώστε να εξασφαλίζεται επαρκής συμπίκνωση. Η ποιότητα των αδρανών που απαιτείται εξαρτάται από τον τύπο του υφιστάμενου οδοστρώματος, την προβλεπόμενη κίνηση, και την ταχύτητα των οχημάτων που χρησιμοποιούν το οδόστρωμα. Οι απαιτήσεις των χονδρόκοκκων και των λεπτόκοκκων αδρανών ποικίλλουν ανάλογα με τοπικά διαθέσιμα υλικά, καθώς και τα επίπεδα κυκλοφορίας.

Όσο αφορά το συνδετικό υλικό, στις περισσότερες περιπτώσεις η ποιότητά του καθορίζεται σύμφωνα με το κλίμα και το επίπεδο της κυκλοφορίας για μια συγκεκριμένη εφαρμογή. Το σύστημα ταξινόμησης της απόδοσης (Performance Grade System, PG System), στο οποίο τα συνδετικά υλικά κατατάσσονται ανάλογα με την επίδοσή τους μετά από μια σειρά δοκιμών, επιτρέπει την επιλογή του κατάλληλου ασφαλτικού σκυροδέματος σύμφωνα με τις υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες κατά τις οποίες θα διεξαχθούν οι εργασίες και το επίπεδο του ισοδύναμου μονού αξονικού φορτίου (equivalent single axle loads, ESAL). Οι πρακτικές που εφαρμόζονται διαφέρουν από χώρα σε χώρα [3].

Ανακύκλωση

Η ανακύκλωση των ασφαλτικών υλικών είναι «μια τεχνική που συνίσταται στην ανάκτηση, επεξεργασία και αναδιάστρωση των συστατικών των ασφαλτοταπήτων, δηλαδή της ασφάλτου και των αδρανών» (6), (19). 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.

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

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

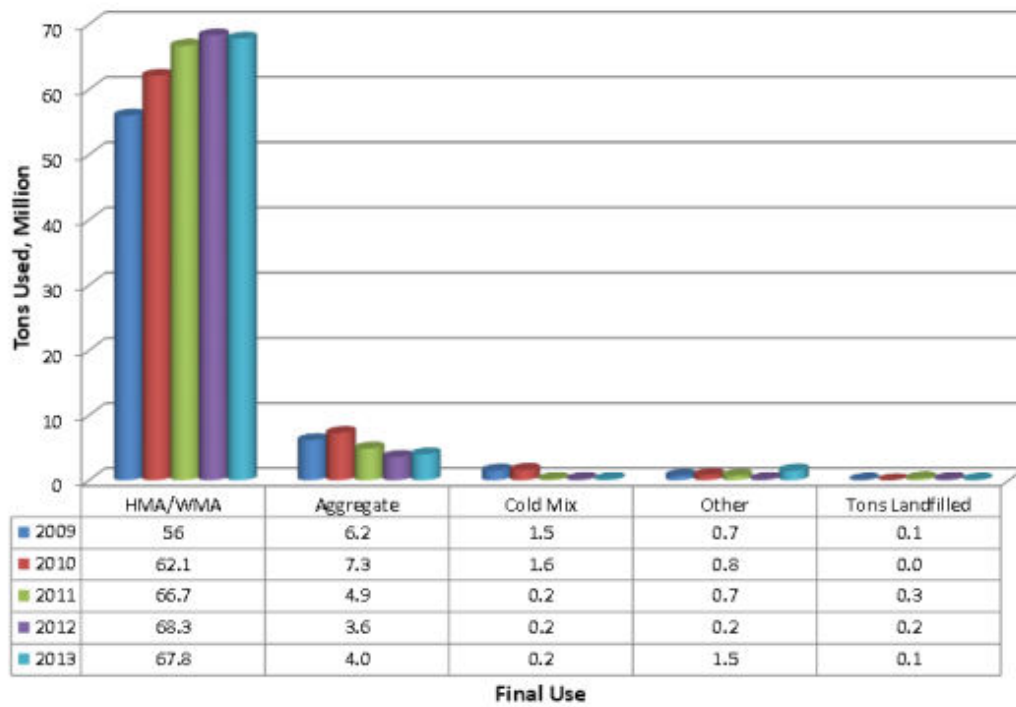
Η ανακύκλωση ενός οδοστρώματος μπορεί να γίνει είτε σε μεγάλη κλίμακα (επιτόπια ανακύκλωση ασφάλτου ή ανακύκλωση ασφάλτου σε μόνιμες εγκαταστάσεις) είτε σε μικρότερη κλίμακα. Στην ανακύκλωση ασφάλτου μικρής κλίμακας, το ασφαλτικό υλικό που λαμβάνεται διαχωρίζεται σε τρεις διαφορετικές κατηγορίες:

1. Cookies ασφαλτόστρωση. Πρόκειται για κομμάτια του φυσικού ασυμπιέστου 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.
2. 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.
3. Άσφαλτος 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 άσφαλο 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 άσφαλο με πετρέλαιο, το οποίο στεγνώνει το υλικό κατά τη διαδικασία της ανακύκλωσης [3]

Σημειώνεται, ακόμη, ότι η άσφαλτος που προέρχεται από άσφαλο είναι καλύτερη από την άσφαλο 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 NAP, η χρήση των υλικών RAP τα τελευταία χρόνια απεικονίζεται στην Εικόνα , στην οποία παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των RAP αξιοποιείται σε θερμά ασφαλτομίγματα.[17]

Η ανακύκλωση του ασφαλτικού μίγματος μπορεί σε γενικές γραμμές να καταταχθεί σε δύο κατηγορίες, την ανακύκλωση σε μόνιμη εγκατάσταση και την επιτόπια ανακύκλωση. Εάν το RAP έχει τροποποιηθεί σε εργοστάσιο, μακριά από το εργοτάξιο, τότε η διαδικασία είναι γνωστή ανακύκλωση σε μόνιμη εγκατάσταση. Στην επιτόπια διαδικασία ανακύκλωσης το RAP τροποποιείται στη θέση που είναι διαθέσιμο. Περαιτέρω, η θέρμανση του RAP δημιουργεί επιπλέον κατηγοριοποίηση των μεθόδων ανακύκλωσης. Εάν εφαρμόζεται θερμότητα, τότε η διαδικασία είναι γνωστή ως ανακύκλωση εν θερμώ. Στην περίπτωση εν ψυχρώ ανακύκλωσης, τα παλιά υλικά συνδέονται χρησιμοποιώντας κάποιο μέσο ανακύκλωσης (όπως γαλάκτωμα χαμηλού ιξώδους) χωρίς την εφαρμογή θερμότητας. [17]

Ένας άλλος τρόπος κατηγοριοποίησης θα μπορούσε να βασίζεται στο βάθος του παλαιού οδοστρώματος που απομακρύνθηκε. Εάν οι ανώτερες στρώσεις του οδοστρώματος αστοχήσουν, τότε τα άνω στρώματα θα αφαιρεθούν και θα διαστρωθούν ξανά. Αυτή η διαδικασία είναι γνωστή ως επιφανειακή ανακύκλωση. Ωστόσο, εάν η βάση αστοχήσει, τότε τα στρώματα του οδοστρώματος μέχρι το στρώμα βάσης απομακρύνονται και κατασκευάζονται ξανά. Αυτή η διαδικασία είναι γνωστή ως πλήρης αποκατάσταση.



Εικόνα 32: Τόνοι χρησιμοποιούμενων RAP στις ΗΠΑ κατά τα έτη 2009-2013 [3]

VIII. ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΟΔΟΔΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Γενικά

Βάση της εθνικής νομοθεσίας, κατά την διάρκεια εργασιών αποκατάστασης και συντήρησης των οδοστρωμάτων είναι απαραίτητο να εφαρμόζονται ειδικές ρυθμίσεις κυκλοφορίας κατάλληλες για την ασφάλεια τόσο των οδηγών όσο και των ατόμων που εργάζονται. Τα μέτρα αυτά εφαρμόζονται για το χρονικό διάστημα που διαρκούν οι εργασίες συντήρησης. Συνοπτικά τα μέτρα που εφαρμόζονται είναι τα εξής:

1. Μερική ή πλήρης διακοπή της κυκλοφορίας
2. Αποκλεισμός όλου του οδοστρώματος
3. Κλείσιμο λωρίδων κυκλοφορίας
4. Ενημέρωση των χρηστών με ειδική εργοταξιακή σήμανση
5. Ενημέρωση των κατοίκων τη περιοχής για της εργασίες περίπου δύο ημέρες πριν την έναρξη των εργασιών.

Όπως είναι κατανοητό τα μέτρα ασφαλείας κατά τη διάρκεια των εργασιών είναι απολύτως σημαντικά, όπως και η σωστή εφαρμογή τους από τον εκάστοτε εργολάβο.

Απαιτήσεις Ορθής Σήμανσης

Οι απαιτήσεις για την ορθή σήμανση κατά την διάρκεια εργασιών είναι :

1. Η έγκαιρη, σταδιακή και πλήρης ενημέρωση των κινουμένων στις οδούς
2. Η προειδοποίηση για τη μορφή και το είδος του εμποδίου
3. Η ρύθμιση της κινήσεως
4. Η τοποθέτηση συνεπούς, κατανοητής αλλά και κοινής σήμανσης για όλα τα εργοτάξια κατά μήκος ενός οδικού άξονα
5. 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,
6. Η πληροφόρηση δεν πρέπει να δίνεται πολύ νωρίτερα της θέσης εκτελέσεως των έργων,
7. Η μέριμνα πρόβλεψης για άμεση εξυπηρέτηση και διέλευση των οχημάτων έκτακτης ανάγκης (ασθενοφόρων, πυροσβεστικών οχημάτων, περιπολικών αστυνομίας).(εισαγωγή, Απόφαση Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε) (ΦΕΚ 946/Β/9.7.2003)

Σημειώνεται ότι όλα τα μέσα σήμανσης τοποθετούνται με μέριμνα και ευθύνη των εργοληπτών ή των εκτελούντων των εργασιών 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).

Οριζόντια Σήμανση

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 αντανακλαστικότητας και έχει τις ίδιες διαστάσεις με αυτές της μόνιμης σήμανσης. Η υπάρχουσα μόνιμη οριζόντια σήμανση πρέπει να απαλείφεται. (Κεφ. 4 - Απόφασης Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε).

Σε κρίσιμες κυκλοφοριακές καταστάσεις επιβάλλεται η χρήση πρόσθετων στοιχείων με σκοπό την έντονη διακριτοποίηση της νέας οριζόντιας σήμανσης. Αυτή επιτυγχάνεται μέσω της τοποθέτησης ανακλαστικών 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).

Τα πρόσθετα εφαρμόζονται στις εξής περιπτώσεις:

1. Σε ζώνες συναρμογής
2. 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.
3. 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.





Εικόνα 33: Ανακλαστήρες οδοστρώματος ή <<Μάτια γάτας>> (<https://vianet.gr/product/matia-gatas/>)



Εικόνα 34: οριοδείκτες, ή «φτερά καρχαρία» (<https://ggv.gr/glossa-ftera-karcharia-34-cm-rcv.html>)

Η φωτεινή σηματοδότηση, βάση της παραγράφου 5.1 της Απόφασης Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., πρέπει να αποφεύγεται. 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 προαναγγέλλεται με την κατάλληλη σήμανση (Κ-21, Πρ-1).

Σε ειδικές περιπτώσεις (κυρίως σε αυτοκινητόδρομους με υψηλούς φόρτους) ενδείκνυται και η χρήση πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων (VMS) σύμφωνα με τις ισχύουσες προδιαγραφές και τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα.



Εικόνα 35: VMS (<https://www.monitor-electronics.gr/product/vms-variable-message-sign/>)

Ο εξοπλισμός εργοταξιακής σήμανσης, διαχωρίζεται σε :

1. εξοπλισμό καθορισμού των διαδρόμων κυκλοφορίας
2. σε εξοπλισμό κατευθύνσεως και αποκλεισμού.
3. Φώτα και αντανακλαστικά στοιχεία

Στον εξοπλισμό καθορισμού των διαδρόμων κυκλοφορίας συμπεριλαμβάνεται :

1. Κυκλοφοριακούς κώνους,
2. Πινακίδες οριοθέτησης έργων (Π-77 και Π-78), οι οποίες τοποθετούνται ανά 20 μέτρα στη ζώνη έργων και ανά 10 μέτρα στη ζώνη συναρμογής,
3. 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 P-52a ή P-52δ, και ένα φωτεινό αναλαμπών σήμα (βέλος) σε σχήμα τόξου για την καθοδήγηση της κυκλοφορίας,
4. Φανούς κινδύνου, οι οποίοι είναι 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 36: Κινητή μονάδα σήμανσης (www.odosimansi.gr)



Εικόνα 37: Φανός κινδύνου [www.odosimansi.gr]

Στον εξοπλισμό κατευθύνσεως και αποκλεισμού συμπεριλαμβάνεται :

1. 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.
2. 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.

Φώτα και αντανακλαστικά στοιχεία :

1. ορατά μόνο από τη μία κατεύθυνση της κυκλοφορίας, που δηλώνουν ότι διεξάγονται εργασίες στην απέναντι πλευρά της οδού, πρέπει να είναι λευκά.
2. 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.
3. Ανακλαστήρες οδοστρώματος και πρόσθετα αντανακλαστικά στοιχεία σήμανσης, που συνδυάζονται με την οριζόντια σήμανση και είναι κίτρινου χρώματος.
4. Ταινίες ακουστικής προειδοποίησης, οι οποίες τοποθετούνται ως αυτοκόλλητα στο οδόστρωμα με διεύθυνση κάθετη προς τον άξονα της οδού.

Κατακόρυφη Σήμανση

Με βάση τη παράγραφο 1 του άρθρου 9 του Κ.Ο.Κ. (ΦΕΚ 50/Α/2.3.2007) είναι απαραίτητη η τοποθέτηση σήμανση ενώ 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.

Οι εργοταξιακές ζώνες είναι :

1. Ζώνη προειδοποίησης : η μείωση της ταχύτητας πραγματοποιείται με βήμα 20 χλμ./ώρα στις περιαστικές και υπεραστικές οδούς και 10 χλμ./ώρα στις αστικές



Εικόνα 38: Σήμανση Ζώνης προειδοποίησης

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



Εικόνα 39: Σήμανση Ζώνης προειδοποίησης

3. Μεταβατική ζώνη εισόδου, το όριο ταχύτητας έχει την ίδια ένδειξη με αυτή της εργοταξιακής ζώνης. Στην ζώνη έργων 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.
4. Ζώνη έργων
5. Ζώνη συναρμογής εξόδου
6. Ζώνη αποκατάστασης κυκλοφορίας

***Βασικά χαρακτηριστικά πινακίδων σήμανσης οδικών έργων:
(Κεφ. 3 της Απόφασης Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε)***

1. Το εξωτερικό περίγραμμα – υπόβαθρο των πινακίδων είναι ορθογώνιου σχήματος και κίτρινου χρώματος.
2. Τα υλικά κατασκευής τους είναι τα ίδια με αυτά της μόνιμης σήμανσης, με εξαίρεση το πίσω αντανακλαστικό υλικό της πρόσθιας επιφάνειας, το οποίο πρέπει να είναι μιας κατηγορίας ανώτερο,
3. 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. 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.
4. Είναι δυνατή η χρήση αναδιπλούμενων πινακίδων (roll-up signs).

ΙΧ. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας, όπως έγινε κατανοητό τα οδοστρώματα αποτελώντας ένα βασικό τμήμα των οδικών δικτύων χρήζουν ιδιαίτερας προσοχής λόγω των της συνεχόμενης αύξησης της κυκλοφορίας, των φορτίων και των περιβαλλοντικών συνθηκών. Η επιλογή του κατάλληλου οδοστρώματος και η συνεπής συντήρηση του βασιζόμενη σε μία ολοκληρωμένη μελέτη κρίνεται ιδιαίτερα σημαντική για την ασφάλεια και την μεγαλύτερη διάρκεια ζωής των οδικών κατασκευών.

Οι φθορές που προκαλούνται είτε κατά τη φάση της κατασκευής ή της αποκατάστασης αλλά και λόγω υλικών αποτελούν τις πιο σημαντικές συγκρίνοντας τες με τις αντίστοιχες που οφείλονται σε παράγοντες όπως οι καιρικές συνθήκες, η θερμοκρασία ή και η φυσική φθορά. Η διάκριση αυτή απορρέει από τη δυνατότητα πρόβλεψης και συμπερίληψης των φυσικών παραγόντων σε σύγκριση με τις απρόβλεπτες αστοχίες τις κατασκευής. Ωστόσο η σύγκριση αυτή δεν σηματοδοτεί την υποτίμηση των φυσικών παραγόντων. Οι φθορές στο οδόστρωμα θα πρέπει να επισκευάζονται γρήγορα καθώς η μη επισκευή τους θα οδηγήσει σε ακόμα μεγαλύτερες φθορές στο οδόστρωμα και άρα σε μεγαλύτερο κόστος επισκευής, ενώ είναι πιθανό να προκληθούν και τροχαία ατυχήματα εξαιτίας των φθορών που δεν επισκευάστηκαν.

Από τα είδη των οδοστρωμάτων, αυτά με τις λιγότερες φθορές είναι τα δύσκαμπτα τα οποία όμως υστερούν ως προς το αυξημένο κόστος κατασκευής τους με τα εύκαμπτα να υπερτερούν σ' αυτό. Το αυξημένο κόστος των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων δεν προκύπτει μόνο ως προς την αρχική κατασκευή τους αλλά και ως προς τις εργασίες αποκατάστασης τους. Σε αντίθετη περίπτωση τα εύκαμπτα οδοστρώματα μπορούν να κατασκευαστούν και να αποκατασταθούν με μικρότερο κόστος και παράλληλα χωρίς έκπτωση στη ποιότητα και τη μελέτη της κατασκευής.

Επομένως, είναι εύλογο να καταλήξουμε στο συμπέρασμα 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 και έτσι, η αποκατάσταση των ασφαλτικών, κυρίως, στρώσεων κρίνεται απαραίτητη.

X. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] EAPA (European Asphalt Pavement Association). (2010) “What is Asphalt.” (Online)
- [2] KUTTER (2014) www.kuttersk.de
- [3] NAPA (National Asphalt Pavement Association), 2014:4th Annual Asphalt Pavement Industry Survey on Recycled Materials and Warm-Mix Asphalt Usage: 2009–2013
- [4] Un., n.d.a [online] What is sandblasting? Building and Carpentry.
- [5] Καλτσούνης Α. (2007) “Οδοποιία. Ιστορική αναδρομή”. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ Μάιος - Ιούνιος 2007.
- [6] Ιωάννης Δ. Κοφίτσας (1997) “Στοιχεία οδοστρωμάτων”, Αθήνα, 1997.
- [7] Κολλαρος Α., Αθανασοπούλου Δ., Παπακωνσταντίνου Ε. (2006) “Φθορές και Συντήρηση Οδοστρωμάτων”. 5ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωτεχνικής και Γεωπεριβαλλοντικής Μηχανικής, ΤΕΕ, Ξάνθη, 2006
- [8] Μουρατίδης Α. (2008) “Οδοποιία. Η διαχείριση των οδικών έργων”. Εκδόσεις University Studio Press, Θεσσαλονίκη.
- [9] Νικολαΐδης Α. (2002) “Οδοποιία Οδοστρώματα - Υλικά Έλεγχος ποιότητας. Θεσσαλονίκη, 2002
- [10] Σημειώσεις μαθήματος Οδοποιία II, Νίκη Μπέσκου (2020)
- [11] Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., 2006. [pdf] Προσωρινές Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές Αντιολισθηρή στρώση ασφαλτικού σκυροδέματος.
- [12] 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
- [13] 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
- [14] Παναγοπούλου Μ., 2011 Σύστημα οικονομικής και περιβαλλοντικής διαχείρισης οδοστρωμάτων με χρήση γενετικών αλγορίθμων. Διατριβή Διπλώματος Ειδίκευσης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πολυτεχνική Σχολή, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- [15] Orr D., 2006, Pavement Maintenance. Cornell Local Roads Program.
- [16] Summers C., 2008 [online] Hot rolled asphalt and precoated chippings. ThIdiots' Guide to Highways Maintenance.

- [17] Δανηλίδου Χ. (2011) “Τεχνική και οικονομική αξιολόγηση των μεθόδων συντήρησης οδοστρωμάτων”. Διπλωματική Εργασία. Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.