

Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ

ΣΧΟΛΗ Σ.Τ.Ε.

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΟΛΙΣΘΗΡΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΟΔΩΝ



ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ :

ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΖΩΤΟΣ

ΟΜΑΔΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

ΑΛΕΞΙΑ ΠΕΡΔΙΟΥ

ΧΡΙΣΤΙΝΑ ΤΖΙΚΕΡΑ

ΠΑΤΡΑ 2007

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<u>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u>	4
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο</u>	
Ολισθηρότητα και ατυχήματα	6
Η ολισθηρότητα σαν παράγοντας ατυχημάτων	11
Το φαινόμενο της ολισθηρότητας των οδών -αντίσταση σε ολίσθηση	13
Παράγοντες που επηρεάζουν το Σ.Α.Ο.....	14
Υδρολίσθηση.....	28
Μικρουφή και Μακρουφή.....	30
Μέθοδοι μέτρησης του Σ.Α.Ο.....	34
Απαιτήσεις για Σ.Α.Ο.....	38
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο</u>	
Αξιολόγηση Οδοστρωμάτων και Μέτρηση Επιφανειακών Χαρακτηριστικών.....	43
Αντίσταση επιφάνειας στην ολίσθηση.....	45
Μέτρηση αντίστασης επιφάνειας σε ολίσθηση.....	50
Όργανα μέτρησης αντίστασης σε ολίσθηση.....	51
Οριακές τιμές αντίστασης σε ολίσθηση.....	57
Μέτρηση του βάθους υφής.....	62

Επιπεδότητα επιφάνειας Οδοστρώματος.....	65
Όργανα μέτρησης επιπεδότητας.....	66
Διεθνής Δείκτης Επιπεδότητας (IRI).....	75
Πρόβλεψη εξέλιξης επιπεδότητας.....	76
Φωτογραφική αποτύπωση κατάστασης οδοστρώματος	78

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

Μετρήσεις συντελεστού αντιστάσεως στην ολίσθηση	89
Μετρήσεις Επιφανειακής Υφής.....	89
Εποχική επίδραση επί των μετρήσεων	91
Σχέσεις μεταξύ του συντελεστού αντίστασης σε ολίσθηση και της πιθανότητας να συμβεί ατύχημα λόγω ολίσθησης.....	92
Έρευνα πηγών σκληρών αδρανών υλικών	94
Πρότυπη μέθοδος δοκιμής ανθεκτικότητας αδρανών στην αποσάθρωση	95
Μέθοδοι κατασκευής αντιολισθηρών επιφανειών- δαπάνη εφαρμογής- μείωση των ατυχημάτων και οικονομική ωφέλεια.....	105
Μέθοδοι αντιολισθηρών κατασκευών	106
Συμπεράσματα.....	109

Προτάσεις.....111

Παράρτημα, συγκρότημα παραγωγής

Ασφαλτοσκυροδέματος.....112

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ευθύνη των τροχαίων ατυχημάτων οφείλεται στο συνδυασμό των τριών κυρίως παραγόντων :οδός , όχημα , οδηγός.

Από τους τρεις παραπάνω παράγοντες στην παρούσα εργασία θα μας απασχολήσει ο πρώτος δηλαδή η οδός και συγκεκριμένα το φαινόμενο της ολισθηρότητας και το πώς αυτό αντιμετωπίζεται.

Το πρόβλημα της ολισθηρότητας των οδών απασχολεί ολοένα και περισσότερο τους ασχολούμενους με την οδοποιία.

Στατιστικώς τα περισσότερα ατυχήματα έχουν ως κύρια ή δευτερεύουσα αιτία την ολισθηρότητα και αυξάνονται τόσο ως απόλυτοι αριθμοί όσο και ως ποσοστό επί του συνόλου των οδικών ατυχημάτων.

Η αύξηση αυτή των ατυχημάτων λόγω ολισθηρότητας οφείλεται κυρίως στους παρακάτω δύο λόγους :

1. Αύξηση της ταχύτητας των οχημάτων λόγω βελτίωσης των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των οδών και αφ' ετέρου την κατασκευή ταχύτερων οχημάτων.
2. Αύξηση του αριθμού αλλά και του φορτίου των οχημάτων, με αποτέλεσμα την ταχύτερη λείανση των επιφανειακών κόκκων των αδρανών και την μείωση της αντίστασης σε ολίσθηση.

Η ανάπτυξη της παρούσας μελέτης γίνεται ως εξής :

-1^ο Κεφάλαιο : Ολισθηρότητα και ατυχήματα.

-2^ο Κεφάλαιο :Αξιολόγηση οδοστρωμάτων και μέτρηση επιφανειακών χαρακτηριστικών .

-3^ο Κεφάλαιο :Εκτέλεση μετρήσεων , μέθοδοι κατασκευής αντιολισθηρών επιφανειών ,σκληρά αδρανή, δοκιμή σκληρότητας ,συμπεράσματα και προτάσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

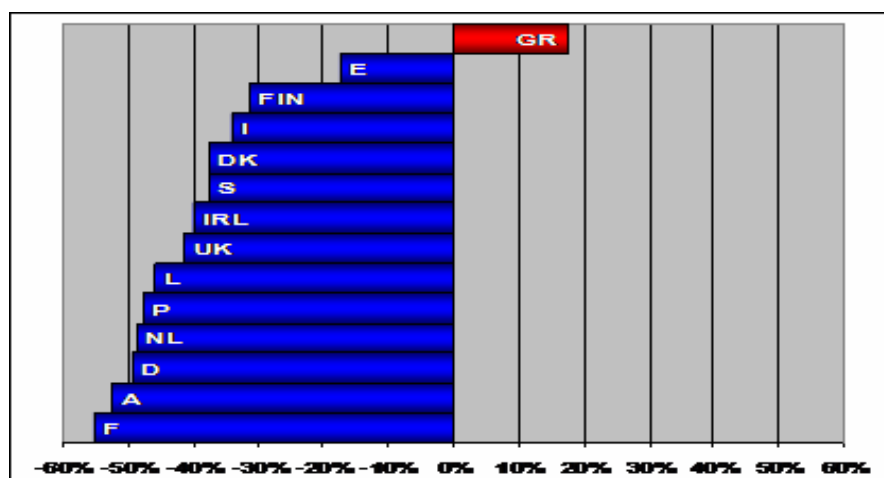
ΟΛΙΣΘΗΡΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ

Τα τελευταία χρόνια ο αριθμός των τροχαίων ατυχημάτων έχει αυξηθεί πάρα πολύ και αποτελεί μία από τις σημαντικότερες αιτίες θανάτων στη χώρα μας, όπου είναι η κυριότερη αιτία τραυματισμών ατόμων και η μοναδική αιτία ζημιών στα οχήματα.

Από τα στοιχεία ατυχημάτων του ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΤΑΞΕΩΣ, Διεύθυνση Τροχαίας προκύπτει ότι το 1990 οι νεκροί σε τροχαία ατυχήματα ήταν 1981 και οι τραυματίες 31145. Οι αντίστοιχοι αριθμοί για το 2000 ήταν 2103 νεκροί και 32379 τραυματίες. Παρουσιάζεται συνεπώς μια αύξηση των νεκρών της τάξης του 4.1%. Οι αριθμοί αυτοί είναι δυσανάλογα μεγάλοι, αν συγκριθούν με τα τροχαία ατυχήματα που γίνονται σε άλλες χώρες σε σχέση βέβαια και με τον αριθμό των ατυχημάτων που κυκλοφορούν σ' αυτές.

Κατά την τελευταία εικοσαετία η Ελλάδα καταλαμβάνει σταθερά την τελευταία θέση στην οδική ασφάλεια μεταξύ των 15 κρατών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με 1.600 νεκρούς και 20.000 τραυματίες, το χρόνο σε οδικά ατυχήματα, ως αποτέλεσμα της ουσιαστικής απουσίας ολοκληρωμένης πολιτικής οδικής ασφάλειας και της αποσπασματικότητας των σχετικών δράσεων.

Το χαμηλό επίπεδο οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα απεικονίζεται χαρακτηριστικά στο επόμενο Σχήμα, στο οποίο φαίνεται η ποσοστιαία μεταβολή του αριθμού των νεκρών σε οδικά ατυχήματα, στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (E U 15), κατά την περίοδο 1980-2003. Η Ελλάδα είναι η μοναδική χώρα στην Ε.Ε όπου ο συνολικός αριθμός των νεκρών σε ατυχήματα αυξήθηκε και μάλιστα σημαντικά.



Ποσοστιαία μεταβολή (%) του αριθμού των νεκρών σε οδικά ατυχήματα την περίοδο 1980-2003 (EU 15) (Πηγή: 'Ανάπτυξη 2 ου Στρατηγικού Σχεδίου για τη Βελτίωση της Οδικής Ασφάλειας στην Ελλάδα', Καθ. Γ. Κανελλαΐδης, κ.α).

Η κατάσταση στην Ελλάδα σήμερα

Τα τελευταία χρόνια το επίπεδο της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα παρουσιάζει βελτίωση και οι απόλυτοι αριθμοί ατυχημάτων και νεκρών σημειώνουν μείωση. Εξαίρεση αποτελεί ο αριθμός των νεκρών κατά το έτος 2004, που σημείωσε μικρή αύξηση σε σχέση με το έτος 2003. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται στοιχεία σχετικά με τον αριθμό των νεκρών, των τραυματιών, των οδικών ατυχημάτων και των κυκλοφορούντων οχημάτων στην Ελλάδα, για την περίοδο 1999-2004. Επισημαίνεται ότι τα στοιχεία του 2004 είναι προσωρινά.

Αριθμός νεκρών, τραυματιών, οδικών ατυχημάτων και κυκλοφορούντων οχημάτων στην Ελλάδα στην περίοδο 1999-2004 (Πηγή: 'Ανάπτυξη 2 ου Στρατηγικού Σχεδίου για τη Βελτίωση της Οδικής Ασφάλειας στην Ελλάδα', Καθ. Γ. Κανελλαΐδης, κ.α.)

	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Αριθμός νεκρών	2.116	2.037	1.880	1.634	1.605	1.619
Αριθμός τραυματιών	32.706	30.763	26.336	22.459	20.737	19.919
Οδικά ατυχήματα	24.231	23.001	19.671	16.809	15.751	15.509
Κυκλοφ. οχήματα	4.690.392	5.060.885	5.389.996	5.693.008	5.967.610	6.257.363

Τι πρέπει να γίνει

Η Ελλάδα του 2005, και μετά την εφαρμογή του 1 ου Στρατηγικού Σχεδίου Οδικής Ασφάλειας, εξακολουθεί να παρουσιάζει τον χειρότερο δείκτη αριθμού νεκρών προς κυκλοφορούντα οχήματα όχι μόνο μεταξύ των χωρών της Ε.Ε των 15, αλλά δυστυχώς χειρότερο και από αρκετά από τα 10 νέα κράτη μέλη, όπως είναι η Σλοβενία, η Τσεχία, η Κύπρος και η Μάλτα ενώ είναι οριακά πιο ασφαλής σε σχέση με την Ουγγαρία και την Πολωνία.

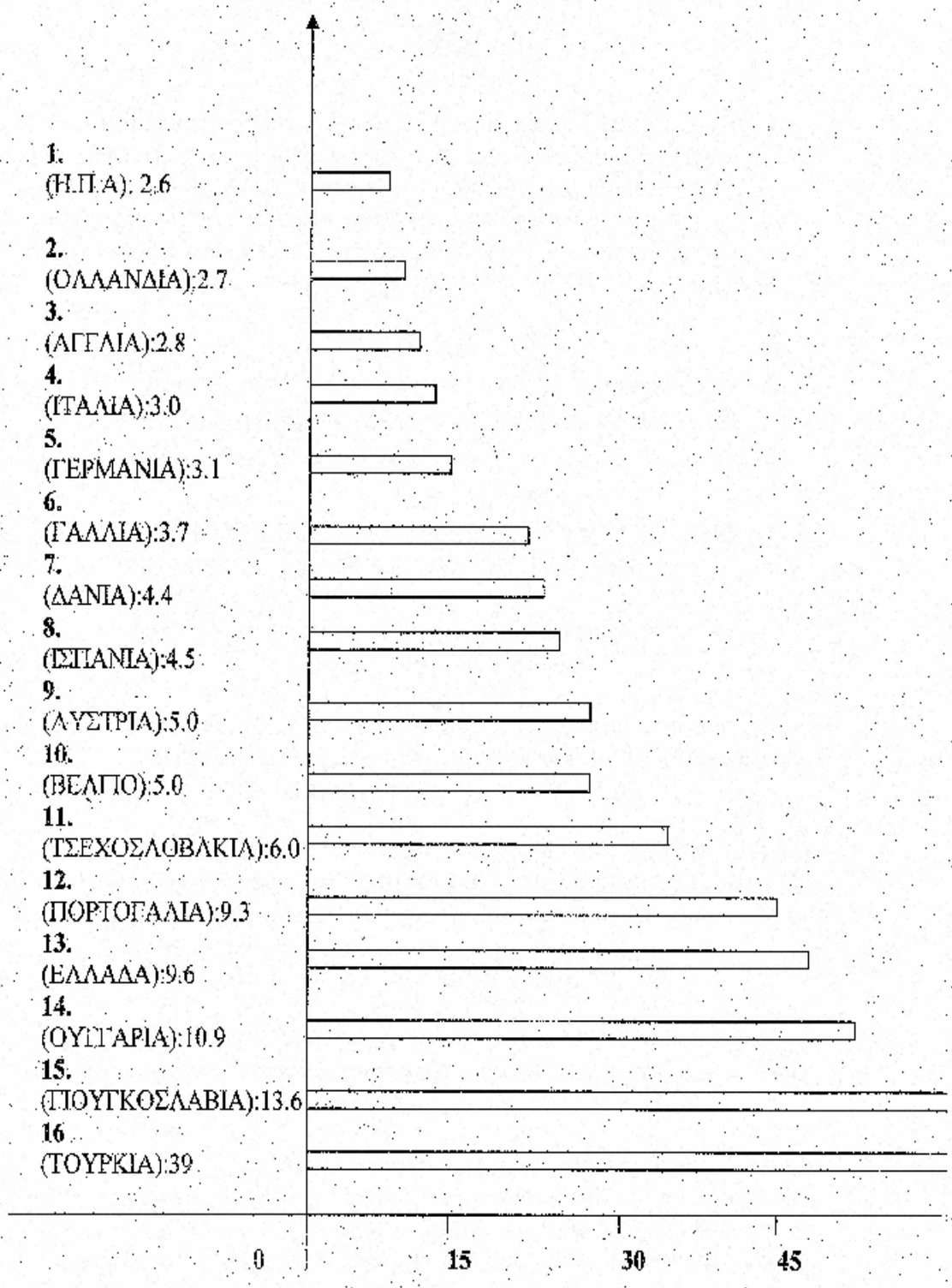
Δυστυχώς, δεν συγκροτήθηκε και δεν λειτούργησε ουσιαστικά ο απαραίτητος μηχανισμός υποστήριξης της Διυπουργικής Επιτροπής και δεν έχει ξεκινήσει η συστηματική και ποσοτικοποιημένη παρακολούθηση των δράσεων και των αποτελεσμάτων του πρώτου πενταετούς Στρατηγικού Σχεδίου 2001-2005, αντίθετα με ότι αρχικά προβλεπόταν, με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν σήμερα διαθέσιμα στοιχεία προς αξιολόγηση.

Από στατιστικές ατυχημάτων που δημοσίευσαν τα Ηνωμένα Έθνη προκύπτει ότι η Ελλάδα έχει πολύ μεγάλο δείκτη τροχαίων ατυχημάτων ανά 10.000 οχήματα και βρίσκεται στις τελευταίες θέσεις του σχετικού πίνακα (*σχήμα 1*). Από τον πίνακα συμπεραίνουμε ότι ο δείκτης ατυχημάτων είναι τετραπλάσιος του δείκτη των Η.Π.Α. και ο τριπλάσιος των περισσότερων άλλων Ευρωπαϊκών κρατών. Μικρότερος είναι μόνο από τους δείκτες της Ουγγαρίας, Γιουγκοσλαβίας και της Τουρκίας και ίσως με τον δείκτη της Πορτογαλίας.

Οι δείκτες αυτοί παρουσιάζουν γενικά μια τάση μείωσης χρόνου και αυτό ισχύει για όλες τις χώρες. Σ' αυτές όμως που οι δείκτες είναι μικροί τα περιθώρια για μείωση είναι λίγα. Για μας ο δείκτης 9.6 για το 1985 είναι αρκετά μεγάλος και είναι επιτακτική ανάγκη να μειωθεί.

Αν μπορούσαμε με κατάλληλα μέτρα να φτάναμε τις μεσαίες χώρες του πίνακα θα ήταν δυνατό να μειώσουμε στο μισό τον αριθμό των νεκρών (κάτω από 1000) και τους τραυματισμούς στους 16000 περίπου το χρόνο.

Το συνολικό κόστος των τροχαίων ατυχημάτων στην Ελλάδα εκτιμάται ότι είναι της τάξης των 294 εκ €. Στο ποσό αυτό περιλαμβάνονται η ζημία της Εθνικής Οικονομίας από τη μείωση του ενεργού πληθυσμού, δαπάνες νοσοκομειακής περίθαλψης και οι επισκευές των αυτοκινήτων. Δεν είναι δυνατόν όμως να υπολογιστεί ο ανθρώπινος πόνος των οικογενειών των παθόντων και η ταλαιπωρία της στρατιάς των ανάπηρων και των συγγενών τους.



ΣΧΗΜΑ 1 : ΔΙΚΤΕΣ ΝΕΚΡΩΝ ΑΠΟ ΤΡΟΧΑΙΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΣΕ 16 ΧΩΡΕΣ ΚΑΤΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 1985 - ΝΕΚΡΟΙ ΑΝΑ 10.000 ΟΧΛΕΜΑΤΑ.

Ø Τα αίτια στα οποία οφείλονται τα τροχαία ατυχήματα είναι πάρα πολλά, μπορούν όμως να εξεταστούν κάτω από το πρίσμα τριών βασικών παραγόντων:

1. **Ο ανθρώπινος παράγοντας** (κυκλοφοριακή αγωγή ,φυσική κατάσταση , ικανότητα , ηλικία, εξωγενείς επιδράσεις κ.λ.π).
2. **Ο παράγοντας όχημα** (τύπος οχήματος, κατάσταση, παλιό, νέο, φθορά ελαστικών, τετράτροχο, δίτροχο κ.λ.π).
3. **Ο παράγοντας δρόμος** (κατηγορία δρόμου, γεωμετρικά στοιχεία, ορατότητα, οριζόντια- κατακόρυφη σήμανση ,στηθαία ασφαλείας, κατάσταση επιφάνειας στεγνή ή βρεγμένη, κ.λ.π).

Ο μεγάλος αριθμός των παραγόντων που προκαλούν το ατύχημα εξηγούν την πολυπλοκότητα του φαινομένου και την δυσκολία να αποδοθεί ένα ατύχημα αποκλειστικά στο ένα ή στο άλλο αίτιο.

Όπως πολύ σωστά αναφέρεται σε κάποιο άρθρο: « Κάθε ατύχημα είναι μια αλυσίδα άτυχων γεγονότων. Αν με κάποιο τρόπο κατορθώσουμε και σπάσουμε οποιονδήποτε κρίκο της αλυσίδας, ενδεχομένως το ατύχημα να αποφευχθεί ».

Έτσι π.χ ένα ατύχημα του τύπου “ ξέφυγε από την πορεία του ” μπορεί να αποδοθεί στον συνδυασμό παραγόντων : στον οδηγό (έτρεχε πολύ), στο όχημα (δεν είχε καλή ανάρτηση ή λάστιχα) , ή στον δρόμο (ολισθηρότητας της επιφάνειας, έλλειψη πρόσφυσης).Αν ένας από αυτούς τους κρίκους σπάσει π.χ αν η πρόσφυση ήταν μεγαλύτερη, αν τα λάστιχα ήταν σε καλύτερη κατάσταση, αν ο οδηγός ήταν πιο έμπειρος και οδηγούσε με μικρότερη ταχύτητα, το ατύχημα θα είχε αποφευχθεί. Η επέμβαση μας συνεπώς μπορεί και θα πρέπει να γίνει σε όλους αυτούς τους παράγοντες και τις υποδιαίρεσεις τους. Οπουδήποτε αν μπορέσουμε και σπάσουμε έναν κρίκο, είτε αν ανήκει στην συμπεριφορά του οδηγού ή στον παράγοντα όχημα ή στον παράγοντα δρόμο θα είναι δυνατόν να γλιτώσουμε από ένα τροχαίο ατύχημα.

ΟΙ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΥΝΕΠΩΣ ΠΟΥ ΜΠΟΡΟΥΝ ΝΑ ΓΙΝΟΥΝ:

- ✓ **Στο όχημα** είναι η καλύτερη συντήρηση τους ,ζυγοστάθμιση, φρένα, λάστιχα, ζώνες ασφαλείας . Οι στατικές όλων των ερευνητικών ιδρυμάτων είναι σαφείς :Οι ζώνες ασφαλείας σώζουν ζωές.
- ✓ **Στον ανθρώπινο παράγοντα** :πρώτα –πρώτα η νοοτροπία των οδηγών ,η εκπαίδευση, εξετάσεις, ενημέρωση.
- ✓ **Στον δρόμο** :βελτίωση χάραξης, σήμανση εργοταξίων και συνεργείων που δουλεύουν πάνω στον δρόμο, στηθαία ασφαλείας, φωτισμός κ.λ.π.

Η ολισθηρότητα σαν παράγοντας ατυχημάτων

Ένα σημαντικό ποσοστό στο σύνολο των οδικών ατυχημάτων οφείλεται στην ολισθηρότητα των οδών. Η ολισθηρότητα μπορεί να είναι είτε το κύριο, είτε το δευτερεύον αίτια σ' ένα ατύχημα. Στατιστικές μετρήσεις και αναλύσεις των αιτιών των ατυχημάτων αποδεικνύουν ότι το ποσοστό αυτό δεν είναι ευκαταφρόνητο. Για τις ξένες χώρες το ποσοστό αυτό προσδιορίζεται μεταξύ του 15 – 25 % και μεταβάλλεται από χώρα σε χώρα ανάλογα και με τα κριτήρια χαρακτηρισμού του ατυχήματος. Στον παρακάτω *πίνακα 1* φαίνονται τα ποσοστά των ατυχημάτων από ολισθηρότητα, από στοιχεία που ανακοινώθηκαν σε συνέδριο της PIARC (Μόνιμη Διεθνής Επιτροπής Οδικών Συνεδρίων) θα πρέπει ακόμα να ληφθεί υπ' όψιν ότι στις παραπάνω χώρες από πολλά χρόνια κατασκευάζονται αντιολισθηρά οδοστρώματα, και ότι έχει τελείως αποκλειστεί η χρήση ασβεστολιθικών αδρανών από τις στρώσεις κυλίσεως, από την άλλη μεριά όμως έχουν πολλές βροχερές μέρες.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Ποσοστά ατυχημάτων από ολισθηρότητα

ΧΩΡΑ	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	
	ΞΕΡΗ	ΒΡΕΓΜΕΝΗ
ΑΓΓΛΙΑ	17 %	32 %
ΓΑΛΛΙΑ	10 %	25 %
ΒΕΛΓΙΟ	5 %	20 %
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	7 %	15 %

Για την Ελλάδα δεν υπάρχουν ακόμη ακριβή στοιχεία. Πρέπει όμως να παραδεχτούμε πως ένα σημαντικό ποσοστό από τα 33.000 ατυχήματα που γίνονται, εκ των οποίων 2.000 περίπου είναι θανατηφόρα έχουν σαν αιτία την ολισθηρότητα. Πέρα από αυτά υπάρχουν και πολλά μικροατυχήματα, που όπως είναι γνωστό συμβαίνουν τις βροχερές μέρες και δεν δηλώνονται στην αστυνομία.

Με την προϋπόθεση ότι το ποσοστό είναι 15 % και από τα ατυχήματα που δηλώνονται μόνο , βρίσκουμε ότι τα ατυχήματα από ολισθηρότητα πλησιάζουν τα 4.850 το χρόνο και οι θάνατοι τους 300. Εκτός από τα ατυχήματα , η ολισθηρότητα είναι και ο κυριότερος παράγοντας στις καθυστερήσεις της κυκλοφορίας , που τόσο έντονα παρουσιάζεται στις μεγάλες πόλεις και στην Αθήνα ειδικότερα , κατά τη διάρκεια των βροχερών ημερών.

Ø Εξάλλου οι λόγοι που ενισχύουν την άποψη ότι ο αριθμός των ατυχημάτων από ολισθηρότητα στη χώρα μας δεν είναι ευκαταφρόνητος είναι οι εξής :

1. Η σχεδόν αποκλειστική χρήση αδρανών υλικών από ασβεστόλιθο για τις στρώσεις κυλίσεως. Όπως θα εξηγηθεί παρακάτω ο ασβεστόλιθος λειαίνεται πολύ γρήγορα και οι επιφάνειες γίνονται ολισθηρές.
2. Η παρουσία πάνω στους πιο πολλούς δρόμους λεπτής σκόνης μαζί με λάδια και λοιπά υλικά (γλίτσα όπως λέγεται) , που όταν βραχεί δρα σαν λιπαντικό και ο δρόμος γίνεται ολισθηρός. Το φαινόμενο είναι πολύ έντονο στην αρχή της βροχής.
3. Η εξάντληση εξ' αιτίας της μεγάλης τιμής τους και άγνοιας από πολλούς οδηγούς , των πελμάτων των λάστιχων και όπως θα δούμε τα λεία λάστιχα έχουν πολύ μικρή πρόσφυση σε υγρές επιφάνειες. Βέβαια αυτή είναι κακώς εννοούμενη οικονομία γιατί και το πιο μικρό ατύχημα που μπορεί να συμβεί στοιχίζει πολύ περισσότερο από τα λάστιχα.
4. Τέλος η άγνοια του προβλήματος από πολλούς νέους οδηγούς και η αδυναμία εκτίμησης των αυξημένων κινδύνων σε βρεγμένα και ολισθηρά οδοστρώματα.

Το φαινόμενο της ολισθηρότητας των οδών – Αντίσταση σε ολίσθηση

Όταν ένα όχημα κινείται πάνω σε έναν δρόμο και ο οδηγός του επιχειρήσει κάποιο χειρισμό όπως στροφή ή επιβράδυνση , τότε για να είναι δυνατόν να γίνει ο χειρισμός αυτός θα πρέπει ο συντελεστής τριβής μεταξύ ελαστικών και επιφάνειας του οδοστρώματος να είναι αρκετά μεγάλος για να αποτραπεί η ολίσθηση του οχήματος.

Αν η αντίσταση σε τριβή υπερνικηθεί , ο οδηγός χάνει τον έλεγχο του οχήματος το οποίο ολισθαίνει πάνω στην επιφάνεια του δρόμου .

Ο συντελεστής αντίστασης στην ολίσθηση είναι ο λόγος του βάρους του αυτοκινήτου σε κάθε τροχό, προς την δύναμη που τον κινεί.

$$\mu = F / B$$

όπου: F= η δύναμη που ενεργεί πάνω στον τροχό του αυτοκινήτου στην επιφάνεια επαφής του με τον δρόμο.

B=το βάρος του αυτοκινήτου που αντιστοιχεί στον υπόψη τροχό.

Αυτός είναι ο λεγόμενος κατά μήκος συντελεστής ολισθηρότητας .

Πολλές φορές μετριέται και ο πλευρικός συντελεστής που αντιστοιχεί σε τροχό που κυλιέται με κάποια γωνία ως προς τον άξονα του δρόμου. Είναι φανερό ότι όσο πιο μεγάλος είναι ο συντελεστής αντίστασης σε ολισθηρότητα σε τόσο πιο μικρή απόσταση θα σταματήσει ένα όχημα που φρενάρει.

Για να συνειδητοποιήσουμε τον απαιτούμενο σε κάθε περίπτωση συντελεστή αντίστασης σε ολίσθηση θα αναφερθούν τα παρακάτω παραδείγματα:

Σ' ένα όχημα για να σταματήσει μέσα σε απόσταση 10 μέτρων όταν χρειαστεί να φρενάρει π.χ. σε ξαφνικό εμπόδιο, οι επιβραδύνσεις που δημιουργούνται και κατά συνέπεια οι απαιτήσεις για τον Σ.Α.Ο. φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

ΑΠΑΙΤΗΣΗ

Για $u=30$ χμ/ ώρα , $\gamma=0.15$, $\mu>0.15$

$u=50$ χμ/ ώρα , $\gamma=0.34$, $\mu>0.34$

$u=65$ χμ/ ώρα , $\gamma=0.60$, $\mu>0.60$

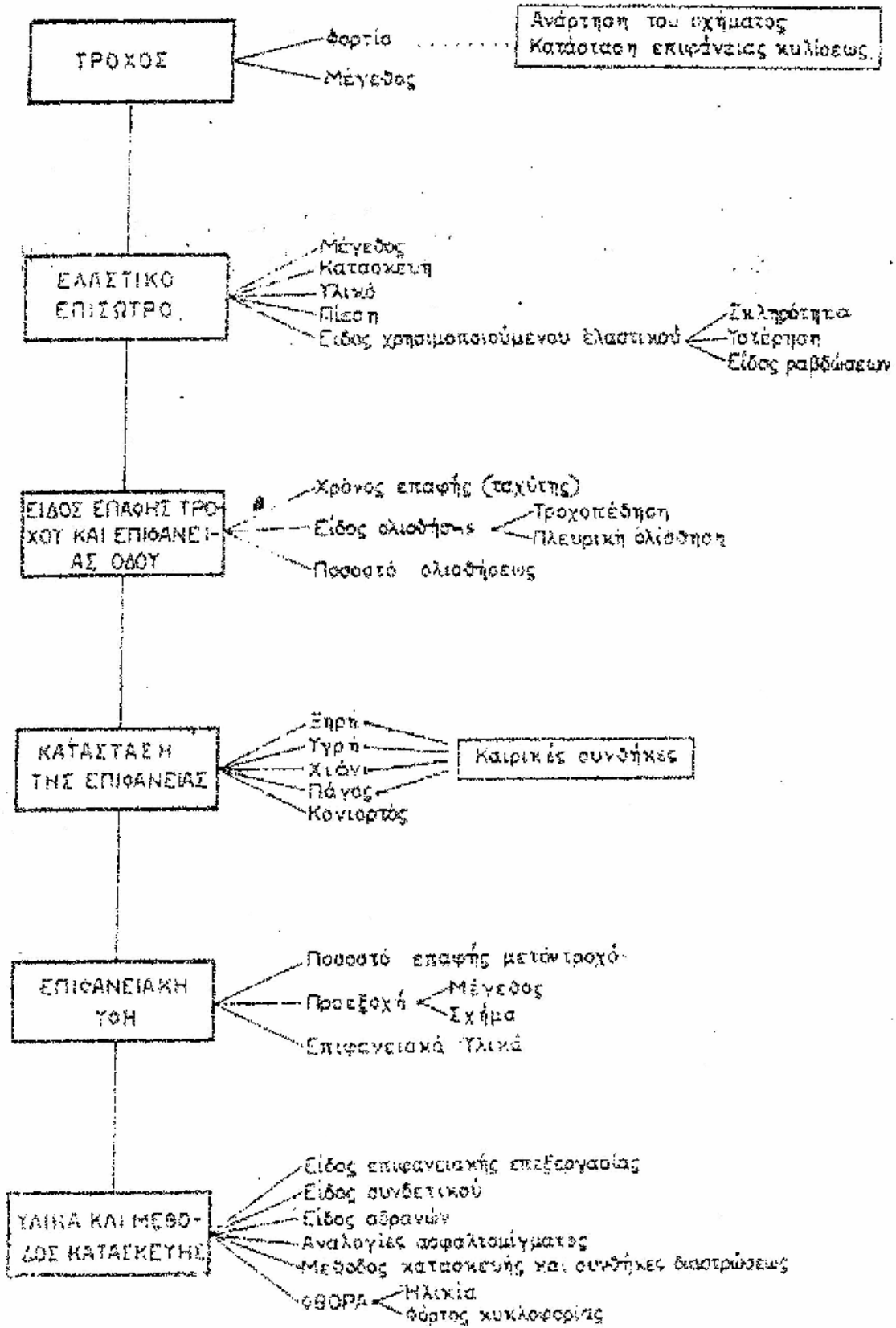
Βλέπουμε συνεπώς πώς συνήθως απαιτούνται αρκετά υψηλά Σ.Α.Ο. και μέτριες σχετικά ταχύτητες. Αλλά για τις απαιτήσεις για τον Σ.Α.Ο. θα επανέλθουμε αφού ασχοληθούμε για λίγο με τους παράγοντες που τον επηρεάζουν

Παράγοντες που επηρεάζουν τον συντελεστή αντίστασης σε ολίσθηση.

Είναι φανερό ότι η αντίσταση σε ολίσθηση μεταξύ της επιφάνειας του δρόμου και του πέλματος του ελαστικού του αυτοκινήτου , που βρίσκονται σε επαφή , εξαρτάται όχι μόνο από τις ιδιότητες τους , αλλά και από πολλούς άλλους παράγοντες που επικρατούν την στιγμή που εμφανίζεται το φαινόμενο.

Οι παράγοντες αυτοί φαίνονται παρακάτω :

- I. Τροχός:** Φορτίο , μέγεθος.
- II. Ελαστικό Επίσωτρο :** Μέγεθος , κατασκευή, υλικό, πίεση , είδος χρησιμοποιούμενου ελαστικού (Σκληρότητα ,υστέρηση , είδος ραβδώσεων).
- III. Υλικά και μέθοδος κατασκευής :**Είδος επιφανειακής επεξεργασίας ,Είδος συνδετικού ,Είδος αδρανών υλικών , Αναλογίες ασφαλτομίγματος, Μέθοδος κατασκευής και συνθήκες διαστρώσεως, Φθορά (Ηλικία ,Φόρτος κυκλοφορίας).
- IV. Είδος επαφής τροχού και επιφάνειας οδού :**Χρόνος επαφής (ταχύτητα) , Είδος ολίσθησης (Τροχοπέδηση , Πλευρική ολίσθηση), ποσοστό ολισθήσεως.
- V. Επιφανειακή Υφή :**Ποσοστό επαφής με τον τροχό , Προεξοχή (Μέγεθος , Σχήμα) ,Επιφανειακά Υλικά.



Σχήμα 2

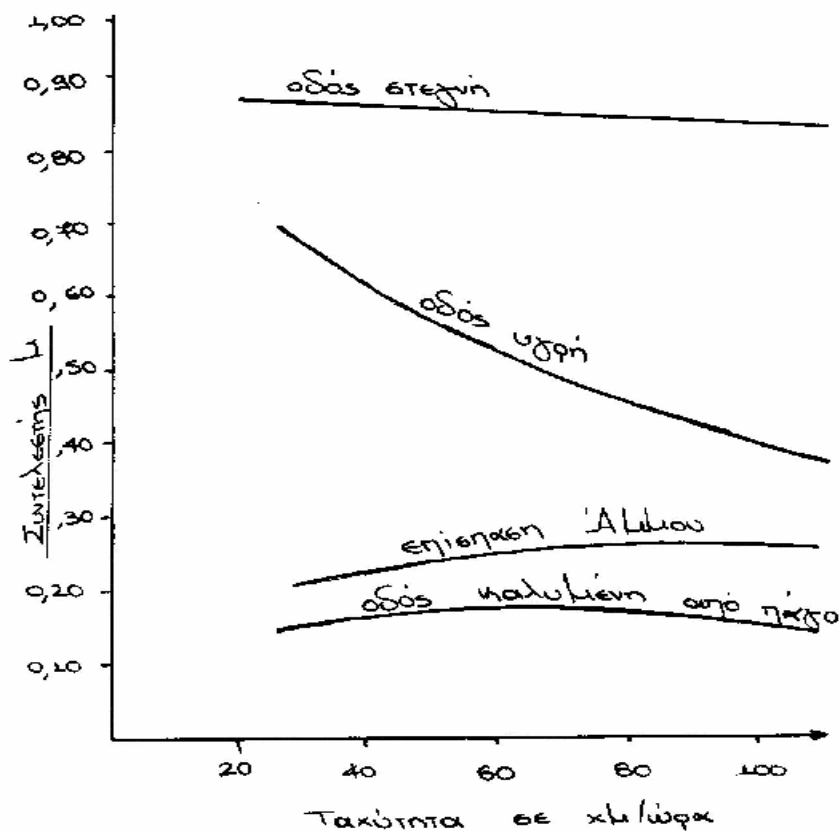
Παρακάτω θα εξετασθούν οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τον Σ.Α.Ο. :

A. Επίδραση των καιρικών συνθηκών και της κατάστασης της επιφάνειας του δρόμου.

Από παρατηρήσεις και από μετρήσεις έχει αποδειχθεί πως οι καιρικές συνθήκες παίζουν αποφασιστικό ρόλο, όχι μόνο στη διαμόρφωση της τιμής του συντελεστή ή τη στιγμή της ολίσθησης, αλλά και στη γενικότερη τιμή του.

Η μεταβολή του Σ.Α.Ο. ανάλογα με την κατάσταση της επιφάνειας της οδού φαίνονται στο παρακάτω σχήμα 3.

Απ' αυτό συμπεραίνονται τα παρακάτω :



Σχήμα 3. Μεταβολή του συντελεστή αντίστασης σε ολίσθηση ανάλογα με την κατάσταση της επιφάνειας της οδού.

1. Στεγνές επιφάνειες .

Κατά γενικό κανόνα ο Σ.Α.Ο των στεγνών επιφανειών είναι αρκετά μεγάλος και επαρκεί για την εκτέλεση των χειρισμών διεύθυνσης και τροχοπέδησης. Υπάρχουν βέβαια περιπτώσεις ολίσθησης σε στεγνές επιφάνειες αλλά είναι πολύ λίγες , όπως τα πολύ δυνατά φρεναρίσματα οπότε λειώνουν και τα λάστιχα. Η τιμή του κυμαίνεται μεταξύ 0.80 και 0.10 και δεν επηρεάζεται από την ταχύτητα του οχήματος.

2. Βρεγμένες επιφάνειες των οδών ή καλυμμένες με πάγο ή χιόνι.

Η συνηθέστερη περίπτωση του προβλήματος της ολισθηρότητας εμφανίζεται όταν στην επιφάνεια του δρόμου υπάρχει νερό ,χιόνι ή πάγος. Τα περισσότερα ατυχήματα συμβαίνουν πάνω σε βρεγμένες επιφάνειες. Ο Σ.Α.Ο. των βρεγμένων επιφανειών , δηλαδή η διατιθέμενη τριβή , μπορεί να κυμαίνεται από 0.70 έως 0.10. Η μεταβολή αυτή δεν οφείλεται μόνο στο είδος της επιφάνειας , αλλά εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ταχύτητα του οχήματος. Παρατηρείται κατά κανόνα μια σημαντική μείωση του Σ.Α.Ο. όταν η ταχύτητα αυξάνεται.

Αυτό είναι το πιο οξύ και το πιο σοβαρό πρόβλημα. Η αντιμετώπιση της μείωσης της αντίστασης σε ολίσθηση σε μεγάλες ταχύτητες. Οποσδήποτε στα παρακάτω ,όταν αναφέρεται ο συντελεστής αντίστασης σε ολίσθηση θα εννοείται αυτός που αντιστοιχεί σε βρεγμένες επιφάνειες.

Πολύ πιο δυσμενής είναι η περίπτωση που στην επιφάνεια του δρόμου υπάρχει χιόνι ή πάγος. Ο Σ.Α.Ο είναι πάρα πολύ χαμηλός με τιμές μεταξύ 0.10 και 0.15. Ιδιαίτερα επικίνδυνη είναι η κατάσταση σε τμήματα δρόμων που δεν τα βλέπει ήλιος και το χειμώνα το νερό παγώνει πάνω στην επιφάνεια χωρίς να φαίνεται. Τα αυτοκίνητα που περνούν μπορεί να γλιστρήσουν ξαφνικά γιατί το υπόλοιπο τμήμα του δρόμου ήταν στεγνό και δεν υπήρχε πρόβλημα.

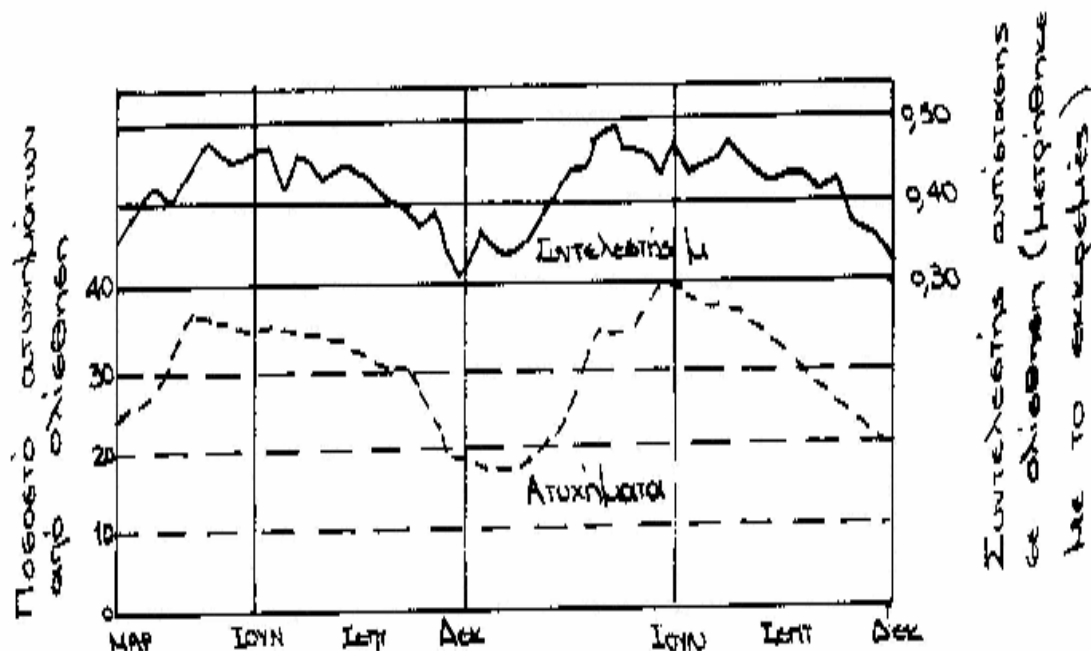
3. Διάφορα υλικά στη επιφάνεια των οδών.

Η παρουσία υλικών στις διάφορες επιφάνειες των δρόμων , όπως άμμος ,λεπτά χαλίκια , σκόνες, φύλλα δέντρων, αιθάλη και ακόμα χειρότερα λαδιών ή πετρελαίου ,μπορεί να μειώσει σημαντικά τον Σ.Α.Ο. και να συμβεί ατύχημα. Ο κίνδυνος αυξάνει όταν τα παραπάνω υλικά βραχούν. Πολλά αυτοκίνητα βγαίνουν από το

δρόμο σε σημεία που έχει γίνει ασφαλική επάλειψη και έχει μείνει το ρυζάκι της σφραγιστικής επάλειψης. Ο τροχός με το στρογγυλωμένο χαλίκι παίζει το ρόλο του ρουλεμάν.

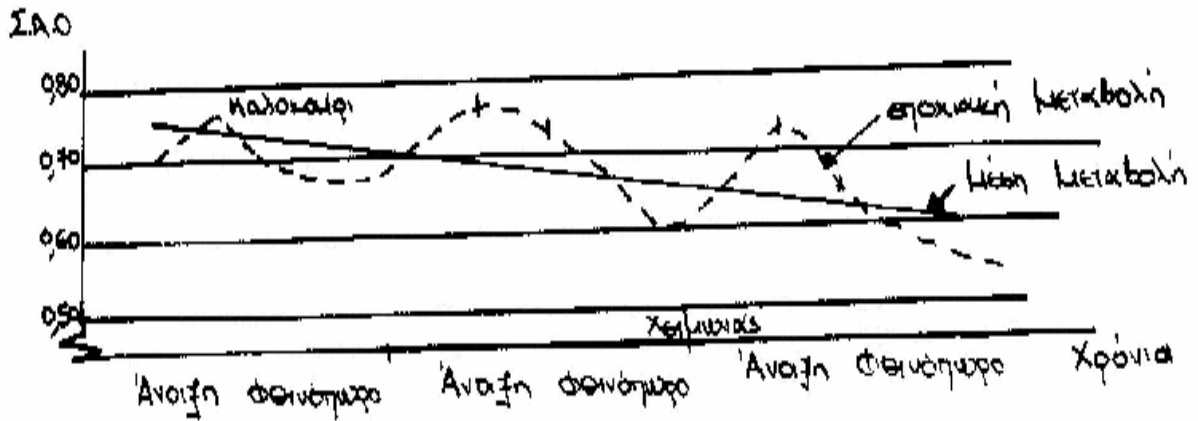
B. Εποχιακές μεταβολές του Σ.Α.Ο.

Είναι χαρακτηριστικό ότι ακόμα και στο ίδιο σημείο του δρόμου ο Σ.Α.Ο. δεν παραμένει σταθερός σ' όλες τις εποχές του χρόνου. Συστηματικές μετρήσεις απέδειξαν ότι κατά την διάρκεια του χειμώνα ο Σ.Α.Ο. είναι μεγαλύτερος, ενώ το καλοκαίρι μικραίνει και αυτό επαναλαμβάνεται συνεχώς. Στα σχήματα 4 και 5 φαίνεται καθαρά η μεταβολή του Σ.Α.Ο. κατά την διάρκεια του χρόνου, καθώς και η άμεση επίδραση που έχει η μεταβολή αυτή στα ποσοστά των ατυχημάτων από ολίσθηση. Είναι χαρακτηριστικό ότι υπάρχει άμεση σχέση της τιμής του Σ.Α.Ο. με το ποσοστό των ατυχημάτων.

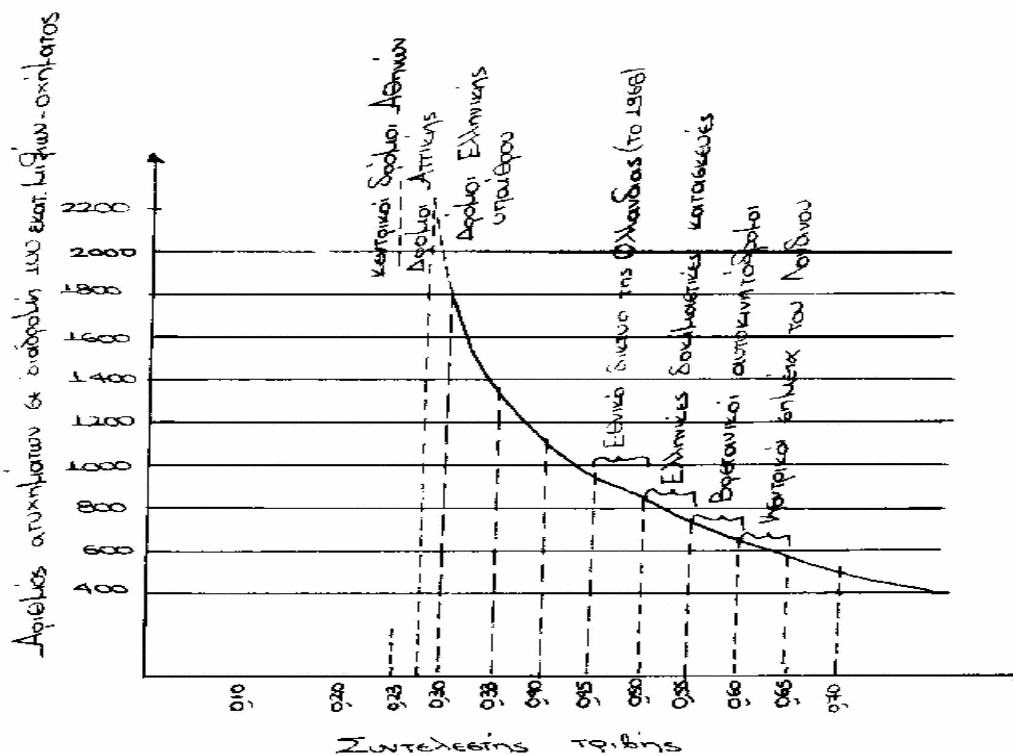


Σχήμα 4. Σύγκριση μεταξύ του ποσοστού των ατυχημάτων στη Αγγλία και της εποχιακής μεταβολής του συντελεστή μ.

Σχήμα 5. Διάγραμμα μεταβολής του Σ.Α.Ο. απ' όπου φαίνεται η εποχιακή μεταβολή (αντιστρεπτή) και η μέση μεταβολή (μη αντιστρεπτή).



ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΟΥ Σ.Α.Ο. ΣΕ ΒΡΕΓΜΕΝΟ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ ΜΕ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΔΡΟΜΗ 100 ΕΚΑΤΟΜΜΥΡΙΑ ΜΙΛΙΑ-ΟΧΗΜΑΤΟΣ. (Από Αμερικανική μελέτη που έγινε ύστερα από μακροχρόνια παρακολούθηση σε 456 θέσεις)



Εκ πρώτης όψεως ,φαίνεται περίεργο να είναι ο Σ.Α.Ο. μικρότερος το καλοκαίρι απ' ότι το χειμώνα. Μετά από έρευνες δόθηκε εξήγηση σ' αυτό το φαινόμενο η οποία συνοψίζεται παρακάτω :

- I. Κατά την διάρκεια του καλοκαιριού πάνω στην επιφάνεια των δρόμων υπάρχει πολύ λεπτή σκόνη που την φέρνει αέρας , η οποία από την επίδραση της κυκλοφορίας λειαίνει τους κόκκους του αδρανούς υλικού.
- II. Κατά την διάρκεια του χειμώνα ή των βροχερών ημερών , η σκόνη αυτή απομακρύνεται από το νερό της βροχής και αντικαθιστάται από υλικό που έχει μεγαλύτερο μέγεθος κόκκων. Η επιφάνεια του δρόμου , υφίσταται τότε την λειαντική επίδραση , λειαντικού μέσου περισσότερο χονδροκόκκου με αποτέλεσμα να υποστεί τράχυνση σε σχέση με την προηγούμενη κατάσταση , που είχε κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Πέρα από αυτή τη μεταβολή υπάρχει και η μεταβολή της επιφανειακής διάβρωσης η οποία είναι περισσότερο έντονη το χειμώνα.

Και οι δυο αυτές μικρομεταβολές στην επιφάνεια των κόκκων του οδοστρώματος είναι αντιστρεπτές , τον χειμώνα γίνεται τράχυνση και το καλοκαίρι γίνεται λείανση, πάντοτε με την σύγχρονη δράση της κυκλοφορίας. Το τελικό αποτέλεσμα είναι η εποχιακή μεταβολή του Σ.Α.Ο. που μπορεί να φτάσει και το 20 %.

Όπως φαίνεται και από το *σχήμα 7* σε δρόμο που το χειμώνα ο Σ.Α.Ο. ήταν 0.50 , το καλοκαίρι μπορεί να βρεθεί 0.40 . Αυτός είναι και ένας από τους λόγους που το καλοκαίρι ή στις αρχές του φθινοπώρου παρουσιάζεται έξαρση των ατυχημάτων από ολισθηρότητα.

Γ. Επίδραση της κυκλοφορίας

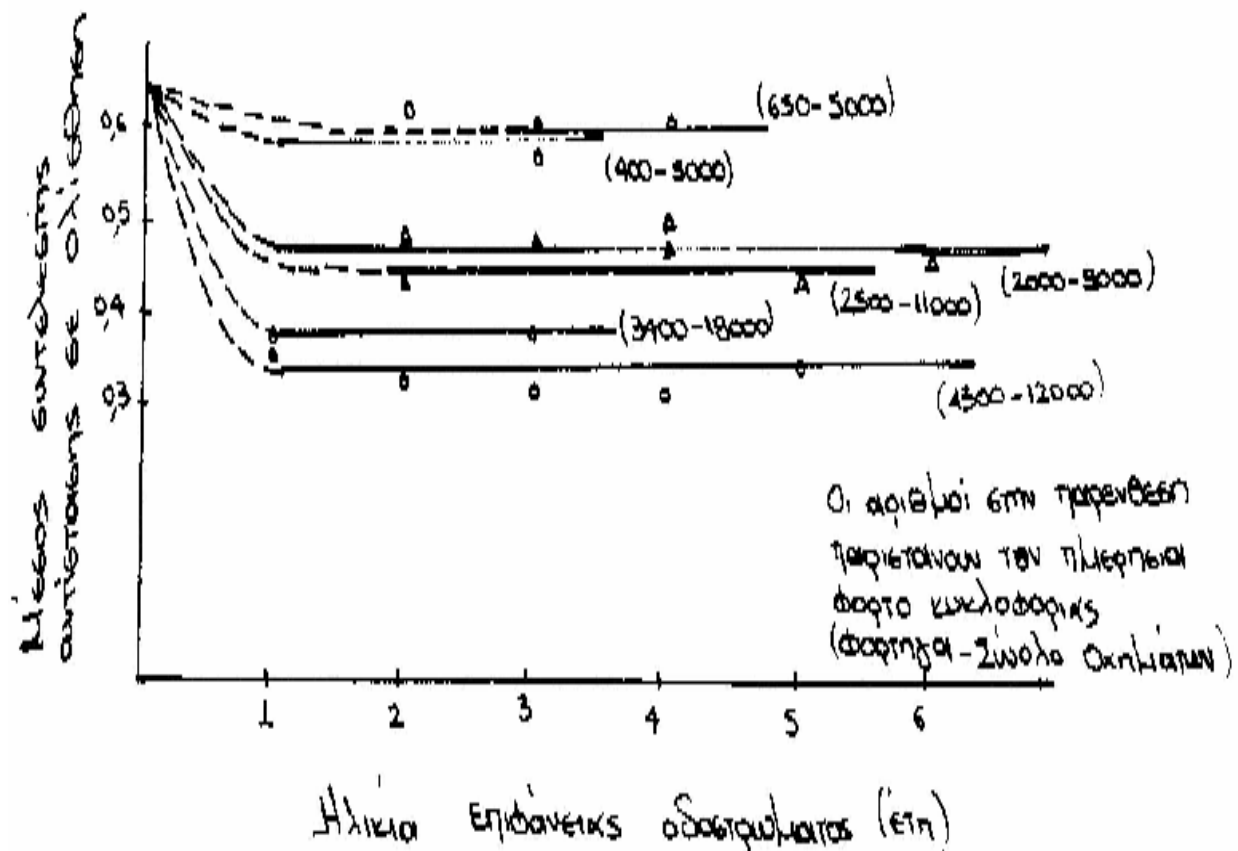
Οι εποχιακές μεταβολές του Σ.Α.Ο. που αναφέρθηκαν παραπάνω , καθώς και αυτές που οφείλονται στην κατάσταση της επιφάνειας του δρόμου , είναι αντιστρεπτές και προσωρινές αντίστοιχα.

Η κυκλοφορία όμως είναι ο σημαντικότερος παράγοντας που επιδρά στη διαμόρφωση του Σ.Α.Ο. Η επίδραση της κυκλοφορίας φαίνεται στα σχήματα 6 και 7 και συνοψίζονται στις ακόλουθες δράσεις :

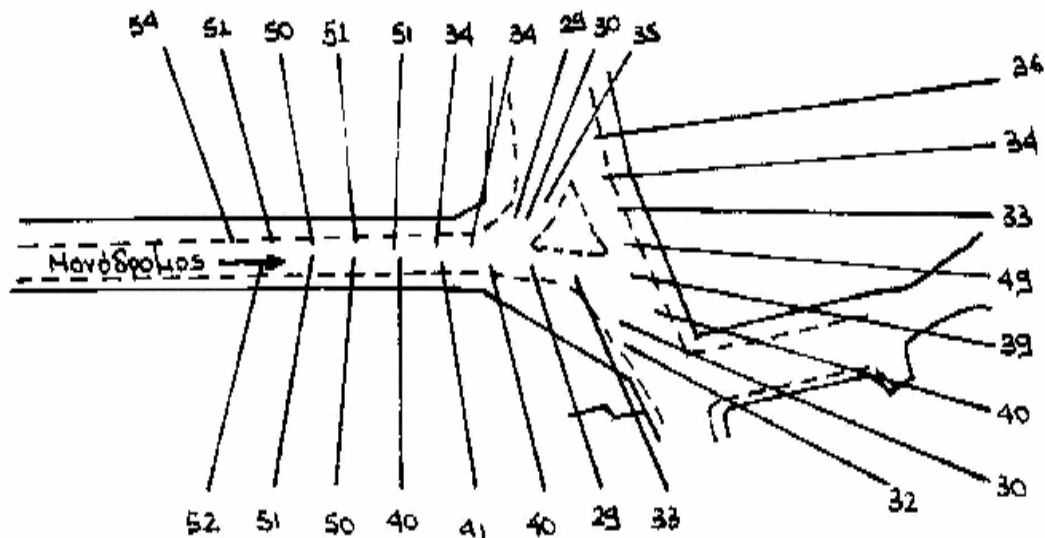
- § Φθείρει και λειαίνει τους επιφανειακούς κόκκους.
- § Σπάει μερικούς από αυτούς.
- § Ξεκολλάει τους κόκκους που έχουν χαλαρή σύνδεση με το οδόστρωμα.
- § Προκαλεί παρατεταμένη συμπύκνωση του οδοστρώματος και άνοδο του ασφαλτικού υλικού στην επιφάνεια , η παρουσία του οποίου συντελεί στην αύξηση της ολισθηρότητας.

Επίδραση της κυκλοφορίας στον συντελεστή αντίστασης σε ολίσθηση
(επιφάνεια με προεπιλεγμένες ψηφίδες P.S.V. 58-60)

ΣΧΗΜΑ 6.



ΣΧΗΜΑ 7. Μεταβολή του συντελεστή αντίστασης σε ολίσθηση ανάλογα με τη θέση στην επιφάνεια του δρόμου.



Αποτέλεσμα όλων των παραπάνω δράσεων είναι η γρήγορη ,αμέσως μετά την κατασκευή , μείωση του Σ.Α.Ο. που συσχετίζεται με μικρότερη ένταση μέχρι μια τιμή που παραμένει κατά ένα τρόπο σταθερή όταν δεν μεταβάλλονται οι συνθήκες. Η τιμή αυτή του Σ.Α.Ο. εξαρτάται από το είδος του αδρανούς υλικού. Το απαιτούμενο χρονικό διάστημα για να φθάσει ο συντελεστής στην χαμηλή αυτή η τιμή του είναι συνάρτηση του κυκλοφοριακού φόρτου και της θέσης του δρόμου.

Η επίδραση του κυκλοφοριακού φόρτου φαίνεται στα παραπάνω σχήματα:

-Από το *σχήμα 6*. διαπιστώνουμε ότι η βαρεία κυκλοφορία λειαίνει ταχύτατα τις επιφάνειες των οδοστρωμάτων και ο συντελεστής αντίστασης σε ολίσθηση φθάνει σε χαμηλές τιμές μέσα σε ένα χρόνο περίπου.

- Από το *σχήμα 7*. αποδεικνύεται η εξάρτηση του Σ.Α.Ο. από τη θέση του υπόψη σημείου πάνω στο δρόμο. Στη διασταύρωση που παριστάνεται σχηματικά φαίνονται οι τιμές του Σ.Α.Ο. στα διάφορα σημεία. Στο ευθύγραμμο τμήμα που βρίσκεται πριν από την διασταύρωση μετρήθηκε ο Σ.Α.Ο. και κυμαίνονταν μεταξύ 0.50 και 0.54. Ενώ αντίθετα στα σημεία των καμπύλων τμημάτων ο Σ.Α.Ο. μειώνεται σημαντικά και παίρνει τιμές γύρω από το 0.30 που όπως θα δούμε είναι πολύ χαμηλές. Η αιτία

που ο Σ.Α.Ο. είναι μικρότερος κοντά και πάνω στην καμπύλη, είναι ότι στα σημεία αυτά τα αυτοκίνητα είτε φρενάρουν με δύναμη ή παίρνουν απότομα τη στροφή οπότε η λειαντική δράση των τροχών είναι πολύ έντονη. Συνεπώς στις στροφές, παρά το γεγονός ότι η απαίτηση για την αντίσταση σε τριβή είναι μεγαλύτερη, στην πραγματικότητα διαθέτουμε μικρότερη απ' ό,τι στα ευθύγραμμα τμήματα, και ο κίνδυνος για ατυχήματα πολλαπλασιάζεται.

-Ένα άλλο ενδιαφέρον σημείο σ' αυτές τις παρατηρήσεις είναι ότι, τις πιο πολλές φορές, τα τμήματα των δρόμων που είναι ολισθηρά και κυρίως μέσα στις πόλεις, δεν έχουν μεγάλο μήκος και με μικρή σχετικά δαπάνη αποκατάστασης της ολισθηρότητας, μπορούμε να μειώσουμε σε σημαντικό βαθμό τα ατυχήματα. Τέτοια τμήματα είναι οι προσεγγίσεις σε σηματοδότες, απότομες στροφές και τμήματα με μεγάλη κλίση.

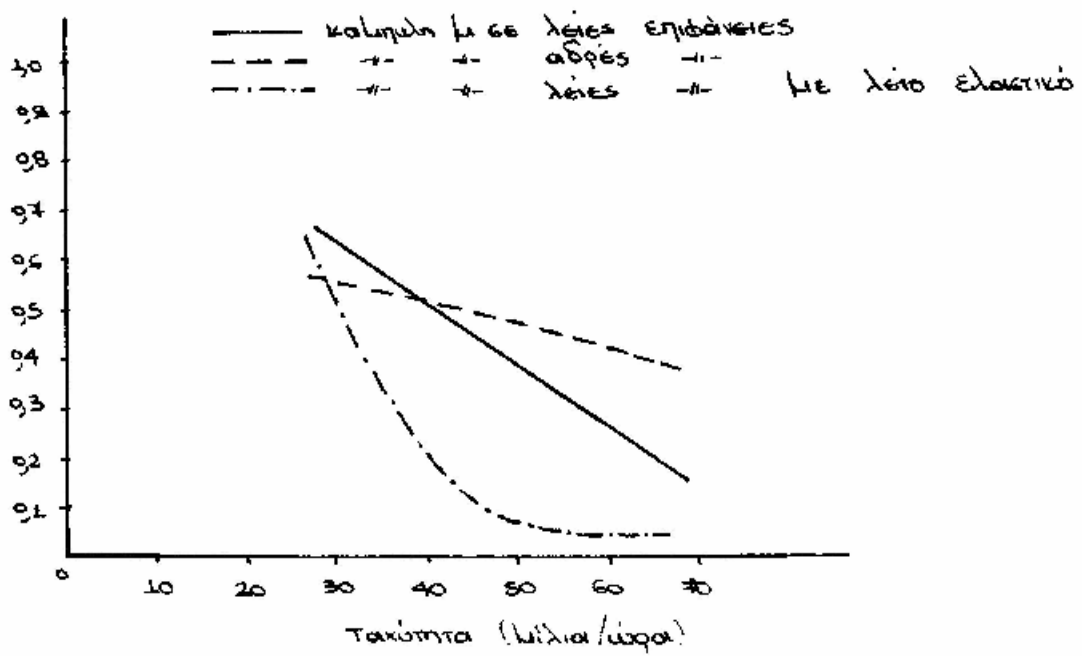
Δ. Επίδραση της τραχύτητας της επιφάνειας και της ταχύτητας του οχήματος

Είναι χαρακτηριστικό ότι για το ίδιο ακριβώς σημείο του οδοστρώματος, ο συντελεστής αντίστασης σε ολίσθηση μεταβάλλεται όταν η ταχύτητα του οχήματος μεταβάλλεται. Μετρήσεις του Σ.Α.Ο. με διάφορα όργανα που περιγράφονται παρακάτω, απέδειξαν ότι με την αύξηση της ταχύτητας ο Σ.Α.Ο. μειώνεται. Η μείωση αυτή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, ο κυριότερος από τους οποίους είναι η "ή επιφανειακή υφή" του οδοστρώματος ή δηλαδή η τραχύτητα του. Στα παρακάτω σχήματα 8 και 9 όπου στον άξονα των χ σχεδιάστηκε ο Σ.Α.Ο. και στον άξονα των ψ σχεδιάστηκε η ταχύτητα με την οποία έγιναν οι μετρήσεις, φαίνεται καθαρά η σημαντική μείωση της αντίστασης σε ολίσθηση για διάφορα είδη επιφανειών κύλισης.

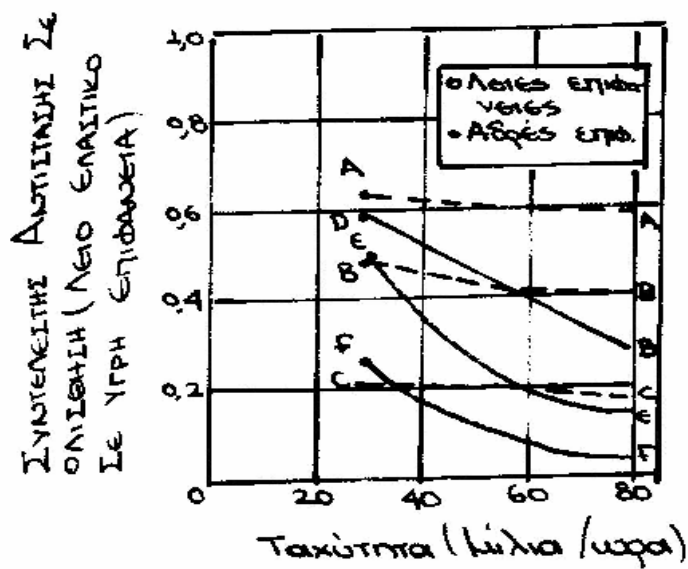
Παρατηρούμε γενικά μια σημαντική μείωση του Σ.Α.Ο. η οποία είναι εντονότερη σε μερικές κατηγορίες επιφανειών. Το ποσοστό αυτής της μείωσης για αύξηση της ταχύτητας από 50 στα 130 χμ/ώρα δίνεται από τον τύπο:

$$\text{Μείωση } \Sigma.\text{Α.Ο. } \% = 40 - 20 \text{ Χ.Ε.Υ.}$$

όπου : Χ.Ε.Υ. = είναι η επιφανειακή υφή, δηλαδή η τραχύτητα του οδοστρώματος



Σχήμα 8. Μεταβολή του συντελεστή μ με τη ταχύτητα σε αδρές και λείες επιφάνειες.



Σχήμα 9. Μεταβολή του Σ.Α.Ο. για διάφορες επιφάνειες.

Στον παρακάτω πίνακα 2 δίνεται η μείωση αυτή για οδοστρώματα από ασφαλτικό και οδόστρωμα από σκυρόδεμα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Πτώση του Σ.Α.Ο. για αύξηση της ταχύτητας από 50 σε 130 km/hr	Βάθος επιφανειακής υφής σε mm	
	Εύκαμπτο	Σκυρόδεμα
0	2.0	0.8
10	1.5	0.7
20	1.0	0.5
30	0.5	0.4

Είναι αξιοσημείωτο ότι η μείωση του συντελεστή καθώς αυξάνει η ταχύτητα είναι αντίστροφη από το μέγεθος της επιφανειακής υφής. Επίσης για ορισμένα είδη επιφανειών με μεγάλη τραχύτητα η μείωση είναι ανεπαίσθητη.

Η κύρια επιδίωξη κατά την κατασκευή αντιολισθητικών οδοστρωμάτων είναι η επίτευξη επιφανειών που να έχουν αρκετή τραχύτητα ώστε να υπάρχει ελάχιστη μείωση του Σ.Α.Ο. στις υψηλές ταχύτητες.

Ε. Επιφανειακή υφή (τραχύτητα) επιφάνειας και μέτρηση αυτής.

Παραπάνω χρησιμοποιήθηκε ο όρος επιφανειακή υφή του οδοστρώματος (surface texture). Η επιφανειακή υφή του οδοστρώματος εξαρτάται από το είδους του αδρανούς και την εφαρμοσμένη μέθοδο κατασκευής. Όσο πιο μεγάλη είναι τόσο πιο αδρή είναι η επιφάνεια του οδοστρώματος.

Επιφανειακή υφή είναι η ιδιότητα που μπορεί να μετρηθεί και να εκφραστεί σε μονάδες μήκους συνήθως σε mm.

Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι μέτρησης της επιφανειακής υφής οι κυριότερες από τις οποίες είναι :

1. Μέθοδος της κηλίδας της άμμου.

Είναι η απλούστερη μέθοδος κατά την οποία γνωστός όγκος άμμου χύνεται στην επιφάνεια του οδοστρώματος και με κατάλληλες κινήσεις ενός κυλινδρικού κομματιού ξύλου ,απλώνεται όσο το δυνατόν περισσότερο και σε κυκλικό σχήμα. Μετά από μια ορισμένη διάμετρο η άμμος δεν απλώνει άλλο γιατί οι κόκκοι της μπαίνουν μέσα στις μικροκοιλότητες της επιφάνειας.

Η διάμετρος της κηλίδας από άμμο που σχηματίστηκε πάνω στην επιφάνεια σαν Ε.Υ. ορίζεται :

$$E.Y = \frac{\text{Όγκος Άμμου}}{\text{Επιφάνεια Κηλίδας}} \quad (\text{mm})$$

Π.χ Αν έχουμε 10cm² άμμο και η επιφάνεια που καλύφθηκε ήταν 50 cm² τότε:

$$E.Y. = 10/50 = 0.2 \text{ cm} = 2\text{mm}.$$

2. Μέθοδος της στερεοσκοπικής φωτογράφισης

Κατά την μέθοδο αυτή λαμβάνονται με ειδική στερεοσκοπική φωτογραφική μηχανή δυο φωτογραφίες της επιφάνειας του οδοστρώματος από διαφορετικές γωνίες. Οι φωτογραφίες αυτές παρατηρούνται σε στερεοσκόπιο όπου με κατάλληλο σύστημα μικρομέτρων μετριέται το βάθος της επιφανειακής υψής. Η μέθοδος συμπληρώνεται με γραφική απεικόνιση του προφίλ της επιφάνειας με κλίμακα.

3. Μέθοδος της ροής του νερού.

Πάνω στην επιφάνεια του οδοστρώματος τοποθετείται κύλινδρος με νερό σε ορισμένη στάθμη. Από την ταχύτητα με την οποία αδειάζει το νερό από τον κύλινδρο , μπορούμε να υπολογίσουμε την επιφανειακή υφή , γιατί η διαφυγή του νερού εξαρτάται από τις μικροκοιλότητες της επιφάνειας του οδοστρώματος.

4. Κατάταξη επιφανειών με βάση την επιφανειακή τους υφή.

Ανάλογα με το μέγεθος της επιφανειακής υψής ,εκφραζόμενο σε χιλιοστά, μπορεί να γίνει κατάταξη των επιφανειών σε διάφορες κατηγορίες που εκτός από τον χαρακτηρισμό τους έχουν και ένα όριο ταχύτητας , που δεν πρέπει να ξεπερνούν τα

οχήματα ,γιατί υπάρχει άμεσος κίνδυνος ολίσθησης επειδή ο Σ.Α.Ο. μειώνεται σε πολύ χαμηλές τιμές .

Επιδίωξη της σύγχρονης τεχνικής κατασκευής αντιολισθηρών οδοστρωμάτων είναι, όπως θα δούμε παρακάτω , η επίτευξη υψηλών τιμών Ε.Υ. δηλαδή επιφανειών που συνδυάζουν τραχύτητα κόκκων και αδρότητα επιφάνειας. Η τραχύτητα των κόκκων έχει σαν αποτέλεσμα την υψηλή αντίσταση σε ολίσθηση, η αντίσταση όμως αυτή πρέπει να διατηρηθεί και σε μεγάλες ταχύτητες. Αυτό επιτυγχάνεται μόνον όταν η επιφάνεια έχει μικροεσοχές ,οι οποίες σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα σπάνε τη μεμβράνη του νερού που υπάρχει μεταξύ του λαστιχένιου τροχού και της επιφάνειας του οδοστρώματος. Αν η μεμβράνη αυτή δεν σπάσει τότε συμβαίνει το φαινόμενο της υδρολίσθησης (Hydroplaning ή aquaplaning).

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

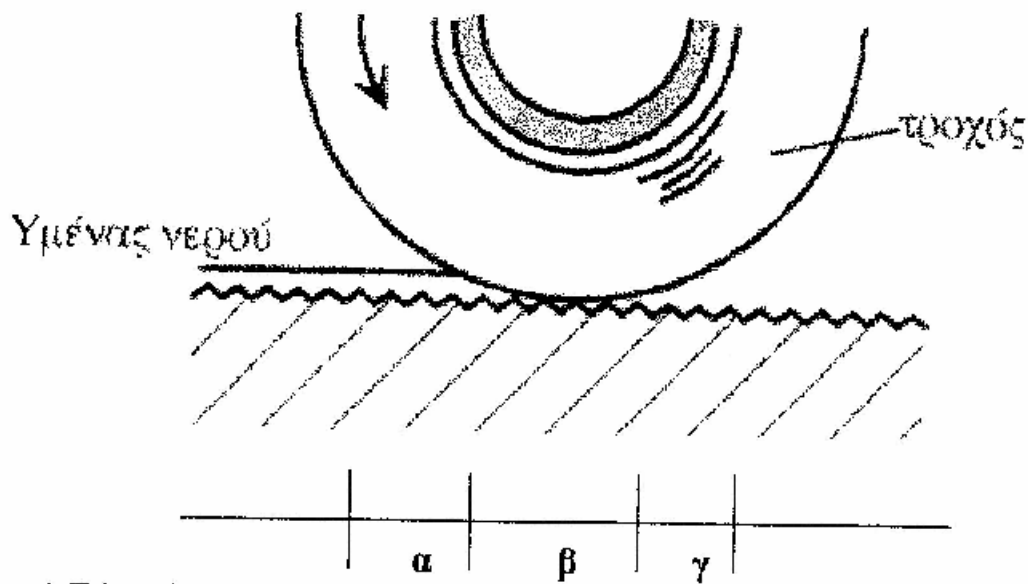
ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ-ΟΔΩΝ ΒΑΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΥΦΗΣ ΠΟΥ ΜΕΤΡΗΘΗΚΕ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΑΜΜΟΥ.

ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΟΔΟΥ	Ε.Υ.	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
Κατηγορία Α	Ε.Υ.=0.2	Εξαιρετικά λείας υφής	Πρέπει να ανακατασκευασθούν
Κατηγορία Β	0.2 * Ε.Υ.=0.4	Λείας υφής	Ταχύτητα μέχρι 80 χμ ανά ώρα
Κατηγορία Γ	0.4 * Ε.Υ.=0.8	Μέσης υφής	Ταχύτητα μέχρι 120 χμ ανά ώρα
Κατηγορία Δ	0.8 * Ε.Υ.=1.2	Τραχεία υφή	Ταχύτητα μέχρι 180 χμ ανά ώρα
Κατηγορία Ε	h 1.2	Πολύ τραχεία υφή	Ειδικοί πειραματικοί δρόμοι

ΣΤ. Υδρολίσθηση

Έχει παρατηρηθεί ότι, σε πολλές περιπτώσεις που τα οχήματα κινούνται με σχετικά μεγάλη ταχύτητα παρόλο που ο Σ.Α.Ο. έχει ικανοποιητική τιμή, οι οδηγοί χάνουν τον έλεγχο του οχήματος χωρίς να προηγηθεί απότομος χειρισμός ή φρενάρισμα. Αυτό συμβαίνει κάτω από συνθήκες βροχής ή όταν στην επιφάνεια του οδοστρώματος υπάρχει στρώση νερού. Για να γίνει κατανοητό το φαινόμενο της υδρολίσθησης θα πρέπει να παρατηρηθούν οι συνθήκες που δημιουργούνται κάτω από ένα τροχό που κυλιέται με μεγάλη ταχύτητα πάνω σε βρεγμένη επιφάνεια.

Το φαινόμενο της υδρολίσθησης έχει μελετηθεί με παρατηρήσεις των συνθηκών κύλισης τροχού πάνω σε γυάλινες επιφάνειες κάτω από τις οποίες υπάρχει κινηματογραφική μηχανή λήψης. Στο παρακάτω *σχήμα 10α*, απεικονίζονται τα αποτελέσματα αυτών των παρατηρήσεων σύμφωνα με τις οποίες, δημιουργούνται τρεις ζώνες "επαφής" μεταξύ τροχού και υγρής επιφάνειας.



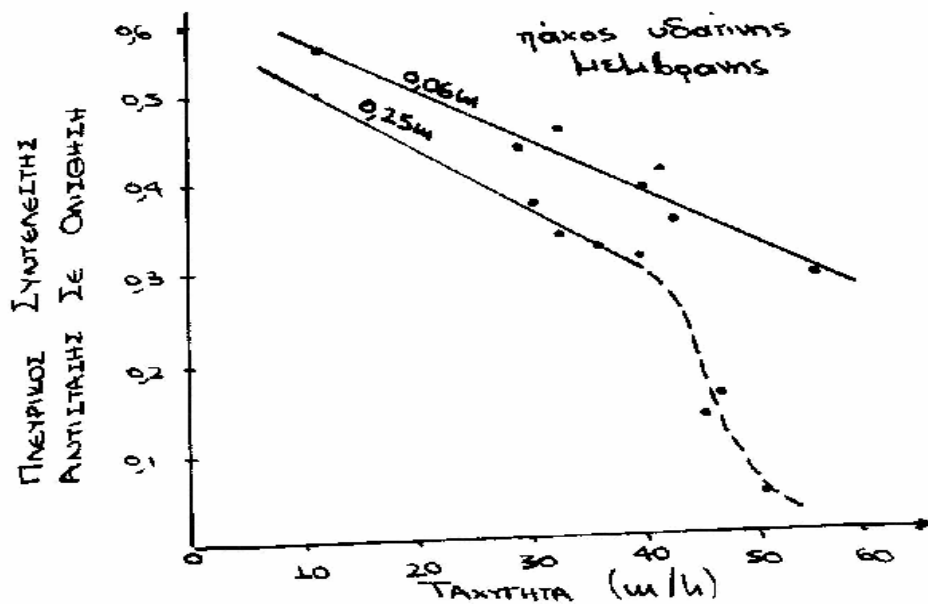
- α) Ζώνη (α) Άθραυστη μεμβράνη νερού.
- β) Ζώνη (β): Μεταβατική ζώνη.
- γ) Ζώνη (γ): Τέλεια επαφής ή στεγνή.

Σχήμα 10α. Υδρολίσθηση

Στη Ζώνη (α) υπάρχει, κάτω από τον τροχό, στρώση νερού η οποία προοδευτικά λεπταίνει και δημιουργείται η Ζώνη (β) όπου υπάρχει μόνο λεπτή μεμβράνη νερού. Η Ζώνη (β) λέγεται μεταβατική. Στη συνέχεια και εφόσον υπάρχει αρκετός χρόνος για να διαφύγει όλο το νερό κάτω από τον τροχό, δημιουργείται η Ζώνη (γ) στην οποία υπάρχει πλήρης επαφή του τροχού με την επιφάνεια.

Είναι προφανές ότι εάν η ταχύτητα περιστροφής του τροχού αυξάνει συνεχώς, για τις ίδιες συνθήκες, οι Ζώνες (β) και (γ) θα μειώνονται συνεχώς σε όφελος της Ζώνης (α) και θα φθάσει η στιγμή που κάτω από τον τροχό θα υπάρχει μόνο στρώση νερού.

Τη στιγμή αυτή δημιουργείται το φαινόμενο της υδρολίσθησης. Στο παρακάτω σχήμα 10β. φαίνεται η επίδραση του πάχους της υδατικής μεμβράνης στην υδρολίσθηση. Είναι χαρακτηριστικό ότι όταν υπάρχει μεγάλο πάχος νερού, η υδρολίσθηση μπορεί να συμβεί και σε μικρές ταχύτητες.



Σχήμα 10β. Υδρολίσθηση.

Μερικοί ερευνητές πρότειναν για την εύρεση της ταχύτητας αυτής, τον τύπο:

$$V=6\sqrt{P}$$

όπου V =ταχύτητα οχήματος και P =πίεση στον τροχό

Μικρό-υφή και Μακρό-υφή

Η επιφανειακή υφή ενός οδοστρώματος διακρίνεται στην μικρουφή και στην μακρουφή. Ως μικρουφή χαρακτηρίζονται οι μικροανωμαλίες της επιφάνειας του κόκκου των αδρανών και εξαρτάται από το είδος αυτών, ενώ η μακρουφή οφείλεται στο μέγεθος των κόκκων των αδρανών που βρίσκονται στη επιφάνεια του οδοστρώματος και στην μέθοδο κατασκευής. Η μικρουφή έχει σαν αποτέλεσμα να σπάει το λεπτό στρώμα του νερού και να δημιουργεί στεγνά σημεία επαφής ελαστικού και κόκκων ενώ η μακρουφή δημιουργεί κανάλια και συντελεί στην γρήγορη απορροή του νερού από την επιφάνεια του οδοστρώματος.

Από την άποψη αυτή οι επιφάνειες των οδών κατατάσσονται στις τέσσερις κατηγορίες όπως στα *σχήματα 11 και 12*. Υπάρχουν τέσσερις συνδυασμοί της μακρουφής και μικρουφής ανάλογα με το αν είναι τραχείες ή λείες (Α, Β, Γ, Δ). Ο καλύτερος συνδυασμός είναι η επιφάνεια Α που έχει τραχεία (ανώμαλη) μακρουφή και τραχεία μικρουφή. Η επιφάνεια αυτή είναι κατάλληλη και για μικρές και μεγάλες ταχύτητες. Αυτό φαίνεται από το σχήμα που δείχνει ότι ο Σ.Α.Ο. διατηρείται σε υψηλά επίπεδα ακόμα και σε μεγάλες ταχύτητες.

Αντίθετα ο συνδυασμός ομαλής μακρουφής και λείας υφής, (περίπτωση Δ) δεν είναι ο ιδανικός διότι όχι μόνο η αρχική τιμή του Σ.Α.Ο. είναι μικρή αλλά και η μείωση του είναι ραγδαία στις μεγάλες ταχύτητες.

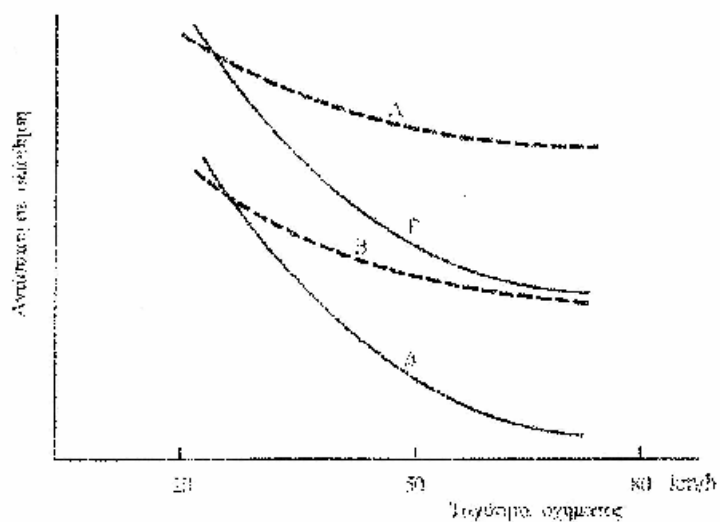
Η επιφάνεια τύπου Β (τραχεία μακρουφή και λεία μικρουφή) δίνει Σ.Α.Ο. που είναι μικρός αλλά δεν μειώνεται αισθητά όταν αυξάνει η ταχύτητα. Η επιφάνεια τύπου Γ (ομαλή μακρουφή και τραχεία μικρουφή) έχουν ικανοποιητικούς Σ.Α.Ο. στις μικρές ταχύτητες αλλά είναι ακατάλληλες για μεγάλες ταχύτητες.

Γενικά μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η μακρουφή είναι απαραίτητη όπου αναπτύσσονται μεγάλες ταχύτητες και η μικρουφή όταν οι ταχύτητες είναι μικρές (μέχρι 50 χμ/ώρα).

ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΤΩΝ ΟΡΩΝ ΤΩΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΩΝ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΥΦΗΣ (ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ)

Επιφάνεια	Τύποι επιφανείας	
	Μεγάλη-αφή	Μικρή-αφή
Α	Υπερώδη	Αδελή
Β	Υπερώδη	Λείκη
Γ	Ομαλή	Λείκη
Δ	Ομαλή	Λείκη

Σχήμα 11. Επεξήγηση των όρων που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή του είδους της επιφανειακής υφής (τραχύτητας).



Σχήμα 12 . Συμπεριφορά διαφόρων τύπων επιφανειών στη μείωση του Σ.Α.Ο.

Z. Επίδραση του είδους του ελαστικού τροχού και ραβδώσεων αυτού

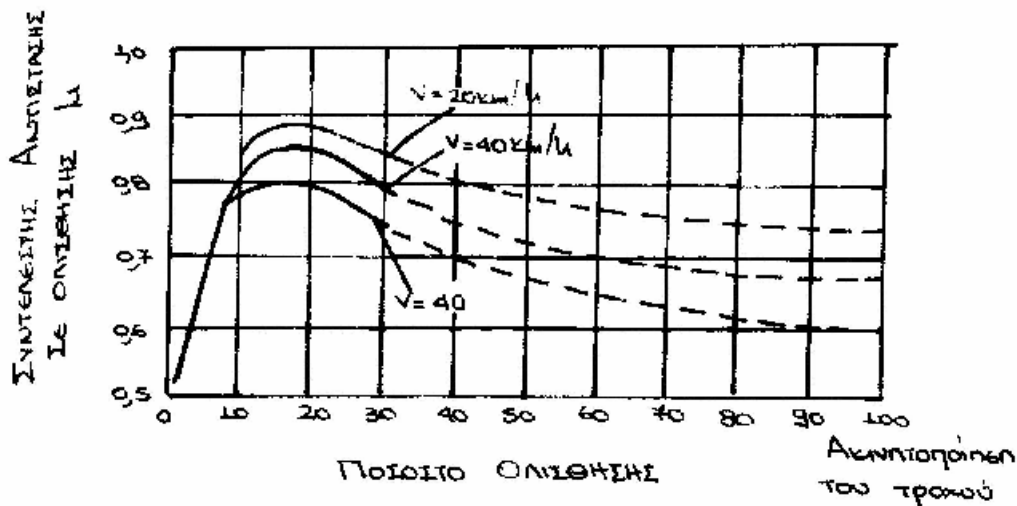
- Από την παραπάνω ανάλυση του φαινομένου της υδρολίσθησης ,συνεπάγεται ότι όχι μόνο το είδος της επιφάνειας του οδοστρώματος αλλά και η διάταξη και το μέγεθος των ραβδώσεων του ελαστικού τροχού, παίζουν σημαντικό ρόλο στο ρυθμό με τον οποίο διασπάται μεμβράνη του νερού μεταξύ των επιφανειών που εφάπτονται. Οι κατάλληλα σχεδιασμένες και σημαντικού βάθους (τακούνια) συντελούν στην ταχεία απομάκρυνση του νερού.
- Γενικά τα καινούργια λάστιχα με ύψος τακουιού 8-9 mm είναι σε θέση να διώξουν γρήγορα το νερό από τη επιφάνεια επαφής και έτσι για την ίδια επιφάνεια παρουσιάζουν μεγαλύτερο Σ.Α.Ο. απ 'ότι λάστιχα με φθαρμένα τακούνια (έχουν δηλαδή μεγαλύτερη πρόσφυση).
- Όταν τα τακούνια φθαρούν πολύ, η χρήση των λάστιχων είναι επικίνδυνη και οι Σ.Α.Ο. που μπορούμε να εκμεταλλευτούμε είναι πολύ χαμηλοί. Γι' αυτό πολλές χώρες έχουν θεσπίσει ελάχιστα όρια ύψους τακουιού που κυμαίνονται μεταξύ 2 χιλιοστών. Το ύψος αυτό μετριέται πολύ και είναι σοβαρή παράβαση αν είναι μικρότερο από το όριο. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω , η πλήρης εξάντληση του πέλματος είναι κακώς εννοούμενη οικονομία που δυστυχώς συνηθίζεται στην Ελλάδα. Θα πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι τα λεία λάστιχα έχουν καλύτερη πρόσφυση σε στεγνό οδόστρωμα.
- Εκτός από το όχημα, τον τύπο και τις ραβδώσεις, μεγάλη επίδραση στον Σ.Α.Ο. έχουν και οι ιδιότητες του χρησιμοποιούμενου ελαστικού, όπως η σκληρότητα (μαλακά λάστιχα προσφύονται καλύτερα αλλά λειώνουν γρήγορα), η υστέρηση και η ικανότητα απορρόφησης ενέργειας. Στον τομέα αυτό όπως είναι γνωστό, γίνονται τεράστιες έρευνες που χρηματοδοτούνται από τις βιομηχανίες παραγωγής ελαστικών τροχών.

H. Επίδραση του ποσοστού ολίσθησης στον Σ.Α.Ο.

Μέγιστες τιμές και τιμές για πλήρη ολίσθηση

Έχει παρατηρηθεί ότι το γλίστρημα σ' έναν βρεγμένο δρόμο, μπορεί να αποφευχθεί αν το πάτημα του φρένου δεν γίνει απότομα, αλλά προοδευτικά και με τρόπο που να μην σταματήσουν τελείως οι τροχοί του αυτοκινήτου. Πολλοί

πειραμαμένοι οδηγοί είναι σε θέση να εφαρμόσουν αυτή την τακτική και όσο τους είναι δυνατόν αποφεύγουν να πατήσουν απότομα το φρένο και φρενάρουν με διαδοχικά πατήματα αποφεύγοντας να μπλοκάρουν τους τροχούς.



Σχήμα 13. Επίδραση του ποσοστού ολίσθησης του τροχού στο συντελεστή μ

Η παρατήρηση αυτή έδωσε αφορμή σε πολλά ερευνητικά εργαστήρια να διερευνήσουν το φαινόμενο και με σχετικά πειράματα να προσδιορίσουν τον συντελεστή αντίστασης σε ολίσθηση, σε διάφορα ποσοστά ολίσθησης των τροχών, δηλαδή από την πλήρη κύλιση (0% ολίσθηση), μέχρι την ακινητοποίηση του τροχού (100% ολίσθηση). Τα αποτελέσματα των ερευνών κατέληξαν στα αποτελέσματα του διαγράμματος στο σχήμα 13. όπου απεικονίζονται οι μεταβολές του Σ.Α.Ο. για διάφορα ποσοστά ολίσθησης και για τρεις διαφορετικές ταχύτητες (βλέπε σχήμα παραπάνω).

Με τις καμπύλες αυτές, αφ' ενός μεν αποδεικνύονται πόσο σωστή είναι η ενέργεια των έμπειρων οδηγών, αφ' ετέρου προσδιορίζεται ότι ο Σ.Α.Ο. παίρνει την ελάχιστη τιμή του όταν το ποσοστό ολίσθησης κυμαίνεται μεταξύ 15-20%. Η ελάχιστη τιμή του εμφανίζεται στην πλήρη ολίσθηση, δηλαδή στην περίπτωση ακινητοποίησης μπλοκαρίσματος των τροχών.

Είναι προφανές ότι θα πρέπει όταν ένα αυτοκίνητο φρενάρει, για να σταματήσει στην ελάχιστη δυνατή απόσταση, να εκμεταλλευθεί τους μέγιστους συντελεστές. Δηλαδή οι τροχοί να ολισθαίνουν 20% ως προς το οδόστρωμα. Αυτό τις πιο πολλές φορές είναι αδύνατον γιατί τα απότομα φρεναρίσματα γίνονται σε περιπτώσεις ξαφνικού κινδύνου και είναι δύσκολο να εφαρμοστεί σταδιακά το φρένο.

Οπωσδήποτε έχει γίνει εφαρμογή της παραπάνω διατύπωσης και έχουν κατασκευασθεί συστήματα φρένων στα οποία είναι αδύνατη η τέλεια ακινητοποίηση των τροχών όσο δυνατά κι αν πατηθεί το πεντάλ. Στο κύκλωμα των φρένων υπάρχει ένα σύστημα ανακουφιστικών βαλβίδων, που εκτονώνουν την πίεση των υγρών και διατηρείται μια σχετική περιστροφή των τροχών. Το σύστημα λέγεται ANTIBLOCK SYSTEM (ABS) σύστημα MAXARET και υπάρχει σε μερικά ακριβά συνήθως αυτοκίνητα και στα περισσότερα αεροπλάνα.

Θ. Μέτρηση του συντελεστή αντίστασης σε ολίσθηση.

Ο προσδιορισμός του Σ.Α.Ο. που έχει μια επιφάνεια κύλισης έχει τεράστια σημασία. Η γνώση του Σ.Α.Ο. παρέχει την δυνατότητα εντοπισμού των κινδύνων από ολισθηρότητα στα τμήματα των οδών, την ενδεχόμενη βελτίωση τους, αλλά ακόμα παρέχει τα απαραίτητα στοιχεία για την μελέτη και την εφαρμογή μεθόδων και υλικών κατασκευής που θα έχουν σαν αποτέλεσμα την επίτευξη ικανοποιητικής αντίστασης σε ολίσθηση.

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι μέτρησης του Σ.Α.Ο. και αυτό γιατί όλα τα ερευνητικά κέντρα προσπάθησαν να επινοήσουν τρόπους μέτρησης. Παρακάτω θα αναφερθούν οι κυριότερες μέθοδοι:

1) Μέθοδος Απόστασης Τροχοπέδησης.

Είναι η πρώτη μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε από όλους. Ένα όχημα που κινείται με προκαθορισμένη ταχύτητα στην επιφάνεια που θέλουμε να μετρήσουμε ,τροχοπεδείτε απότομα και μετριέται η απόσταση που διένυσε με μπλοκαρισμένους τροχούς. Η απόσταση αυτή δίνεται από την σχέση :

$$d = v^2 / 2 * g * \mu$$

όπου : v = η αρχική ταχύτητα του οχήματος

g = η επιτάχυνση της βαρύτητας

μ = ο συντελεστής αντίστασης σε ολίσθηση

Με τον τρόπο αυτό προσδιορίζεται εύκολα ο Σ.Α.Ο. που είναι αντιστρόφως ανάλογος της απόστασης που θα σταματήσει το όχημα. Στον τύπο αυτό, επίσης παρατηρείται ότι η απόσταση τροχοπέδησης εξαρτάται από το τετράγωνο της ταχύτητας του οχήματος.

Είναι προφανές ότι με την μέθοδο αυτή, δεν είναι δυνατόν να γίνουν πολλές μετρήσεις (σταμάτημα της κυκλοφορίας, κίνδυνοι ατυχημάτων ιδίως σε μεγάλες ταχύτητες).

2) Συσκευές τύπου εκκρεμούς (PENDULUM).

Οι συσκευές αυτές είναι οι απλούστερες που χρησιμοποιούνται και αποτελούνται από ένα εκκρεμές με βραχίονα που στο άκρο του έχει ένα μικρό κομμάτι ελαστικού, που προστρίβετε, κατά την αιώρηση, πάνω στην μετρούμενη επιφάνεια. Κατά τη μέτρηση ο βραχίονας του εκκρεμούς πέφτει από την οριζόντια θέση, το κομμάτι του ελαστικού προστρίβετε πάνω στη επιφάνεια και έτσι η ορμή του βραχίονα αποκόπτεται με συνέπεια να μειωθεί το πλάτος της αιώρησης. Η μείωση αυτή της αιώρησης είναι ανάλογη με την απορροφούμενη ενέργεια, δηλαδή την αναπτυσσόμενη τριβή. Στη αντίθετη πλευρά του οργάνου υπάρχει βαθμολογημένο τόξο ,οπού διαβάζεται απ' ευθείας ο Σ.Α.Ο..

Συσκευές που βασίζονται στην παραπάνω μέθοδο έχουν κατασκευαστεί από το TRRL(Εργαστήριο Ερευνών Οδών και Μεταφορών) της Αγγλίας, τα γαλλικά Εργαστήρια Ερευνών (Τύπου LEROUX) και από την NATIONAL STONE ASSOCIATION (Ένωση Αδρανών Υλικών) των Η.Π.Α. Οι συσκευές του τύπου εκκρεμούς είναι σχετικά φθηνές και εύχρηστες και παρέχουν την δυνατότητα άμεσου εντοπισμού των επικίνδυνων θέσεων. Στις έρευνες των Σ.Α.Ο. που αντιστοιχούν σε ταχύτητες 50 χλμ/ώρα συνίσταται και η σύγχρονη μέτρηση της Ε.Υ. οπότε από τον συνδυασμό των αποτελεσμάτων να είναι δυνατόν να εξαχθούν καλύτερα συμπεράσματα. Για να γίνουν αυτές οι μετρήσεις θα πρέπει να διακοπεί η κυκλοφορία λωρίδας του δρόμου που μετριέται σε αρκετό μήκος. Επίσης το εκκρεμές χρησιμοποιείται, όπως θα δούμε παρακάτω και μέσα στο εργαστήριο για την διεξαγωγή ερευνών για επιλογή αδρανών υλικών κατάλληλων για αντιολισθηρές κατασκευές , καθώς και για έρευνες των ελαστικών που χρησιμοποιούνται στους τροχούς.

3) Κινητές Συσκευές Μέτρησης του Σ.Α.Ο.

Η ανάγκη για εκτεταμένες μετρήσεις που να καλύπτουν μεγάλα τμήματα οδών, καθώς και η απαίτηση για απόκτηση πληροφοριών για τιμές του Σ.Α.Ο. που να αντιστοιχούν σε μεγάλες ταχύτητες, οδήγησε στην κατασκευή συσκευών και συστημάτων μέτρησης που χρησιμοποιούν κάποιο τροχό ή τροχούς πάνω στους οποίους γίνονται μετρήσεις. Υπάρχουν βασικά δυο κατηγορίες τέτοιων συσκευών:

i. Συσκευές με Ελκόμενο Φορείο (traller).

Οι συσκευές αυτές αποτελούνται από ελκόμενο φορείο, με ένα ή δυο τροχούς. Οι μετρήσεις μπορούν να γίνουν στην περίπτωση του δίδροχου και στους δύο τροχούς. Το φαινόμενο έλκεται πάνω στην προς μέτρηση επιφάνεια με αυτοκίνητο το οποίο συνήθως είναι και βυτίο για να διαβρέχει την επιφάνεια της οδού. Όταν φθάσει την ταχύτητα της δοκιμής ,με κατάλληλο σύστημα τροχοπεδείτε ο τροχός της δοκιμής και καταγράφεται με ηλεκτρονική διάταξη η δύναμη που χρειάζεται για να παραμείνει ακινητοποιημένος. Τούτο επαναλαμβάνεται κατά προκαθορισμένες αποστάσεις ,όλες οι μετρήσεις, η ταχύτητα του οχήματος και το σημείο της οδού όπου έγινε η μέτρηση ,καταγράφονται αυτόματα.

ii. Συσκευές Μέτρησης σε Αυτοκίνητο.

Αποτελείται από κατάλληλα διασκευασμένα αυτοκίνητα που έχουν ένα παραπάνω άξονα, στον οποίο προσαρμόζεται ο τροχός για την εκτέλεση των μετρήσεων. Το αυτοκίνητο διαθέτει όλα τα ηλεκτρονικά όργανα καταγραφής και μερικές φορές και δεξαμενή με νερό. Αλλιώς η διαβροχή της οδού γίνεται με άλλο βυτίο. Μερικές από τις συσκευές αυτές είναι σε θέση να αναπτύξουν μεγάλες ταχύτητες και να κάνουν μετρήσεις μέχρι τα 160 χμ / ώρα.

Τα πλεονεκτήματα των Κινητών Συσκευών Μέτρησης του Σ.Α.Ο. συνοψίζονται ως κάτωθι :

α. Διεξαγωγή μετρήσεων σε μεγάλα τμήματα οδού, σε μικρό σχετικά χρονικό διάστημα.

β. Είναι δυνατόν να εκτελεστούν συνεχείς μετρήσεις, σε αντίθεση με τις τοπικές μετρήσεις που εκτελούν οι φορητές συσκευές.

γ. Μπορεί να χρησιμοποιηθούν διαφόρων τύπων ελαστικοί τροχοί, όπως π.χ. λείοι, με ραβδώσεις κ.λ.π. ακόμη και κοινά λάστιχα για την εκτέλεση των δοκιμών σε συνθήκες που προσομοιάζουν πολύ με την πραγματικότητα. Υπενθυμίζεται ότι το εκκρεμές χρησιμοποιεί ένα πολύ μικρό λάστιχάκι.

δ. Οι μετρήσεις εκτελούνται σε διάφορες ταχύτητες και παρακολουθούνται οι μεταβολές του Σ.Α.Ο. με την αύξηση της ταχύτητας, καθώς και το φαινόμενο της υδρολίσθησης. Επίσης είναι δυνατόν να εκτελεστούν μετρήσεις με διάφορα ποσοστά ολίσθησης του τροχού, οπότε λαμβάνεται διάγραμμα καθώς και με κεκλιμένο τον άξονα του τροχού οπότε λαμβάνεται ο συντελεστής πλευρικής αντίστασης σε ολίσθηση. Το μειονέκτημά τους είναι το μεγάλο κόστος αγοράς και συντήρησης και ιδίως των ευαίσθητων ηλεκτρονικών οργάνων.

4) Συσκευές τύπου Ακινήτου Πλατφόρμας.

Σ' αυτές ο τροχός της δοκιμής κυλιέται πάνω σε τμήμα πλατφόρμας όπου υπάρχει τμήμα της επιφάνειας που μετριέται. Με διάταξη δυναμομετρικού δακτυλίου μετριέται και καταγράφεται η δύναμη τριβής που αναπτύσσεται στον τροχό της συσκευής και υπολογίζεται έτσι ο Σ.Α.Ο.

Η συσκευή παρουσιάζει τα πλεονεκτήματα μετρήσεων μεταβλητής ταχύτητας και για διάφορα είδη ελαστικών τροχών. Βρίσκει εφαρμογή για έρευνες σε υλικά και μεθόδους κατασκευής μέσα στο εργαστήριο.

Απαιτήσεις για τον συντελεστή αντίστασης σε ολίσθηση :

i. Παραπάνω εξετάστηκαν με αρκετή λεπτομέρεια τόσο οι διάφοροι παράγοντες που επηρεάζουν τον Σ.Α.Ο. όσο και οι μέθοδοι και οι συσκευές μέτρησης αυτού.

Το βασικό πρόβλημα που μας απασχολεί είναι βέβαια η μείωση των ατυχημάτων. Γεννιέται συνεπώς σειρά ερωτημάτων πρακτικής σημασίας, τα κυριότερα από τα οποία είναι τα παρακάτω :

- α. Πως θα εφαρμοσθούν στην πράξη τα πορίσματα των ερευνών ;
- β. Ποια είναι η σχέση του Σ.Α.Ο. με την συχνότητα των ατυχημάτων ;
- γ. Ποιος ο επιθυμητός ή τουλάχιστον ο ανεκτός συντελεστής αντίστασης σε ολίσθηση για ικανοποιητική οδική ασφάλεια ;
- δ. Ποιες είναι οι κυριότερες μέθοδοι ;

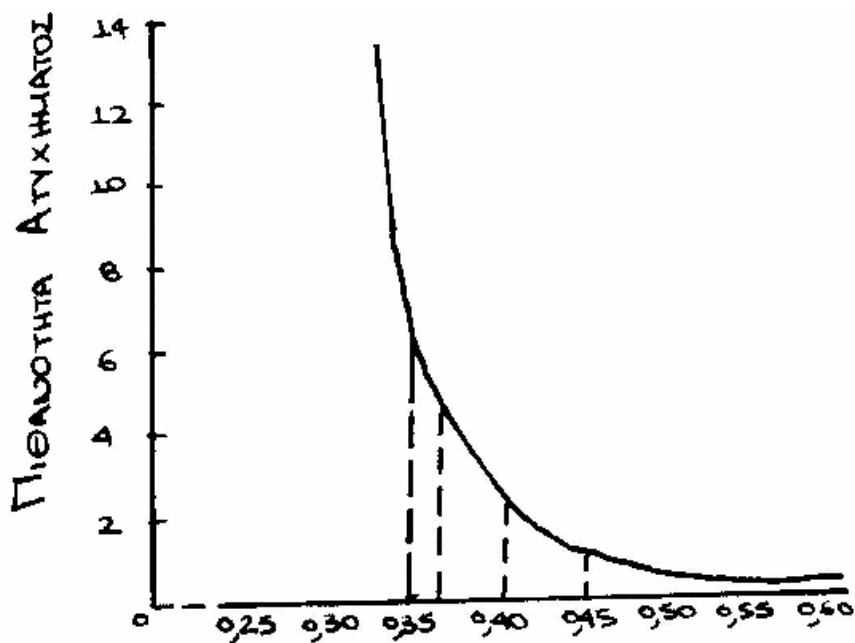
Παρακάτω θα γίνει προσπάθεια να απαντηθούν όσο το δυνατόν πληρέστερα τα ερωτήματα αυτά.

ii. Σχέση του Σ.Α.Ο. με την συχνότητα των ατυχημάτων.

Είναι προφανές ότι όσο πιο μεγάλος είναι ο Σ.Α.Ο. τόσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος να συμβεί ένα ατύχημα από ολίσθηση. Αποτελεί γενική παραδοχή ότι τα ατυχήματα από ολισθηρότητα αυξάνονται σημαντικά με την μείωση του Σ.Α.Ο. Αυτό άλλωστε αποδεικνύεται εύκολα στην περίπτωση αποκατάστασης του Σ.Α.Ο. με μια αντιολισθηρή κατασκευή. Η μείωση των ατυχημάτων είναι πολύ εμφανής.

Πέρα από τις παραπάνω μετρήσεις σε πολλές χώρες έχουν γίνει σημαντικές μετρήσεις των ατυχημάτων από ολισθηρότητα καθώς και μετρήσεις των Σ.Α.Ο. στα σημεία των ατυχημάτων. Από τα στατιστικά αυτά στοιχεία αποδείχθηκε κατά τρόπο εντυπωσιακό ότι η τιμή του Σ.Α.Ο. έχει άμεση σχέση με τον κίνδυνο να συμβεί ένα ατύχημα από ολίσθηση.

Η σχέση δείχνεται στο παρακάτω *σχήμα 14*. στο οποίο έχουν καταλήξει πολλές χώρες. Από το σχήμα αυτό φαίνεται ότι ο κίνδυνος να συμβεί ένα ατύχημα από ολίσθηση είναι 2, 4, 6 φορές μεγαλύτερος σε τμήματα που ο Σ.Α.Ο. είναι 0.40 , 0.37 , 0.35 αντίστοιχα, από τον κίνδυνο να συμβεί το ατύχημα σε τμήματα οδού που έχει Σ.Α.Ο. 0.45 εφόσον βέβαια όλες οι άλλες συνθήκες είναι ίδιες.



Σχήμα14. Συντελεστής αντίστασης σε ολίσθηση.

iii. Καθορισμός Ελαχίστων Τιμών και Απαιτήσεων για τον Σ.Α.Ο.

Ο καθορισμός της ελάχιστης απαιτούμενης τιμής του Σ.Α.Ο. αποτελεί αντικείμενο εκτεταμένων μελετών από διάφορα εργαστήρια ερευνών και υπηρεσίες. Το πρόβλημα παρουσιάζει σοβαρές δυσχέρειες γιατί οι εξεταζόμενοι παράγοντες είναι πολλοί (δαπάνες, σπανιότητα κατάλληλων υλικών, τεχνικές δυσχέρειες κ.λ.π.).

Με μια πρώτη θεώρηση φαίνεται ότι θα ήταν ιδεώδες να καθορισθούν αυτές οι απαιτήσεις για μεγάλους Σ.Α.Ο. Στην περίπτωση αυτή η πιθανότητα να συμβεί ένα ατύχημα θα ήταν ελάχιστη. Αυτό όμως δεν είναι πάντοτε από οικονομικής ούτε από πρακτικής άποψης εφικτό. Πράγματι η δαπάνη από την κατασκευή επιφανειών με μεγάλο Σ.Α.Ο. ώστε να αποκλείονται τα ατυχήματα καθώς και οι συναντώμενες κατά τις κατασκευές αυτές οικονομικές δυσχέρειες και η έλλειψη κατάλληλων υλικών, περιορίζουν στην πραγματικότητα τις τιμές του Σ.Α.Ο. που μπορούν να επιτευχθούν.

Οπωσδήποτε όμως σε πολλές χώρες έχουν καθορισθεί ελάχιστες τιμές τον Σ.Α.Ο. ενώ συνεχίζονται οι έρευνες με στόχο την ορθολογικότερη κατανομή των δαπανών κατασκευής και συντήρησης των αντιστοιχισθρών επιφανειών σε συσχετισμό με το κόστος των ατυχημάτων.

Για τον καθορισμό της ελάχιστης απαίτησης τιμής του Σ.Α.Ο. λαμβάνονται υπόψη και τα παρακάτω στοιχεία:

- α. Η κατηγορία της οδού και οι ταχύτητες που αναπτύσσονται.
- β. Ο φόρτος κυκλοφορίας και η σύνθεση της.
- γ. Η θέση και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του τμήματος της οδού.

Το τελευταίο στοιχείο είναι πολύ σημαντικό, γιατί τα γεωμετρικά στοιχεία της οδού παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο, σε συνδυασμό με τον Σ.Α.Ο. στο βαθμό του κινδύνου για ένα ατύχημα από ολίσθηση.

Πράγματι από στατιστικά στοιχεία έχει αποδειχθεί ότι αν χαρακτηρίσουμε με τη μονάδα (I) το βαθμό κινδύνου για ατύχημα σε ευθύγραμμο και οριζόντιο τμήμα οδού τότε ο βαθμός του κινδύνου για τις δυσχερείς θέσεις είναι :

1. Σε τμήματα μεγάλης ακτίνας καμπυλότητας	1.80
2. Σε τμήματα με ελαφρά κλίση	3.80
3. Σε διασταυρώσεις	7.30
4. Σε τμήματα με μεγάλη κλίση (5%)	13.00
5. Σε τμήματα μικρής ακτίνας καμπυλότητας	48.00
6. Σε κυκλικούς κόμβους (ROUNDABOUTS)	80.00

Στον παρακάτω πίνακα 4 έχουν συγκεντρωθεί οι ελάχιστες απαιτούμενες τιμές που υπάρχουν στις διάφορες χώρες της Ευρώπης στις Προδιαγραφές ή στις Εγκυκλίους.

Κάθε χώρα σχεδόν χρησιμοποιεί διαφορετικά συστήματα μετρήσεων και οι προδιαγραφές της είναι προσαρμοσμένες κατάλληλα, γιατί τα αποτελέσματα των μετρήσεων διαφέρουν από συσκευή σε συσκευή.

Γι' αυτό ο Σ.Α.Ο. καθορίζεται συνολικά από :

- α. Την κατηγορία της οδού. Για τους αυτοκινητόδρομους και τις κύριες οδούς η τιμή του Σ.Α.Ο. είναι μεγαλύτερη.
- β. Τον τύπο της χρησιμοποιούμενης συσκευής.
- γ. Την ταχύτητα της δοκιμής.
- δ. Το είδος του χρησιμοποιούμενου ελαστικού τροχού.

Πάντως είναι γεγονός ότι πολλές αρχές διστάζουν να καθορίσουν τις ελάχιστες τιμές, γιατί δημιουργούνται και προβλήματα αποζημιώσεων και ευθυνών σε περιπτώσεις ατυχημάτων.

ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΟΛΙΣΘΗΓΙΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΧΩΡΕΣ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ

	ΒΡΑΙΤΟ	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	ΑΓΓΛΙΑ	ΙΤΑΛΙΑ	ΙΟΥΔΩΝΙΑ	ΙΣΠΑΝΙΑ	ΟΛΛΑΝΔΙΑ	ΕΛΒΕΤΙΑ
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΟΛΙΣΘΗΓΗ ΟΛΩΝ ΚΑΙ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΟΛΩΝ :		-0,33 ΓΙΑ 60 ΧΑΜΩΡΑ 0,50-0,55 -0,26 ΓΙΑ 60 ΧΑΜΩΡΑ -0,42 ΓΙΑ 40 ΧΑΜΩΡΑ 0,50-0,55 -0,33 ΓΙΑ 60 ΧΑΜΩΡΑ	0,55-0,65 0,50-0,55 0,40-0,45					1. 0,65 2. 0,60 3. 0,50 0,60 0,55 0,50 0,50 0,45
Α. ΔΥΣΚΟΛΗΣ ΘΡΕΣΗΣ Β. ΚΥΡΙΟ ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ Γ. ΆΛΛΕΣ ΟΔΟΙ								
ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΟΔΩΝ :			0,45	0,45	0,35	0,40	0,51	
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΟΛΙΣΘΗΓΗ, ΓΙΑ ΝΕΕΣ ΟΔΟΥΣ :	A. 0,50 ΚΑΘΕ 3 ΧΡΟΝΙΑ B. 0,45 ΚΑΘΕ 3 ΧΡΟΝΙΑ			0,50 0,45 ΣΕ ΔΥΟ ΧΡΟΝΙΑ				
ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΥΠΟΥ ΕΛΑΣΤΙΚΟΥ ΤΡΟΧΟΥ :	(D.Y.C.) ΛΕΙΟΣ ΡΑΝΤΙΛΑ	D.F.C. ΔΙΑ ΑΚΙΝΗΤ/ΜΕΝ ΟΥ ΤΡΟΧΟΥ ΜΕ ΔΙΑΓΩΝΙΕΣ ΠΑΡΑΔΟΣΕΙΣ	D.F.C. Π ΕΚΚΡΕΜΕΣ ΤΡΟΧΟΣ ΛΕΙΟΣ Ή ΜΕ ΔΙΑΓΩΝΙΕΣ ΠΑΡΑΔΟΣΕΙΣ	D.F.C. ΔΙΑ ΑΚΙΝΗΤ/ΜΕΝΟΥ ΤΡΟΧΟΥ ΜΕ ΔΙΑΓΩΝΙΕΣ ΠΑΡΑΔΟΣΕΙΣ	D.F.C. ΔΙΑ ΑΚΙΝΗΤ/ΜΕΝ ΟΥ ΤΡΟΧΟΥ	ΕΚΚΡΕΜΕΣ	D.F.C. ΔΙΑ ΑΚΙΝΗΤ/ΜΕΝΟΥ ΤΡΟΧΟΥ ΔΕΙΟΣ Η ΜΕ ΔΙΑΓΩΝΙΕΣ ΠΑΡΑΔΟΣΕΙΣ	ΕΚΚΡΕΜΕΣ
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΛΟΚΙΜΗΣ :	A. 60ΧΑΜΩΡΑ B. 50 ΧΑΜΩΡΑ	40,60,80, 100,120, ΧΑΜΩΡΑ	50 ΧΑΜΩΡΑ	50 ΧΑΜΩΡΑ	60ΧΑΜΩΡΑ		50 ΧΑΜΩΡΑ	
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ :	A. ΜΟΝΟ ΓΙΑ ΟΔΟΥΣ ΑΛΙΟ ΣΚΥΡ/ΜΑ B. ΟΔΟΙ ΚΑΘΕ ΚΑΤΗΓΙΑΣ		ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΒΑΘΟΥΣ ΕΠΙΧΕΙΣ ΥΦΗΣ 0,65 μμ			Η ΤΙΜΗ ΘΕΩΡΕΙΤΑΙ ΧΑΜΗΛΗ		1. ΕΠΙΦΘΙΜΗΤΗ ΤΙΜΗ 2. ΥΠΟΔΕΙΚΝΥΟΜ ΕΝΕ ΤΙΜΗ 3. ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ

2.1 Αξιολόγηση Οδοστρωμάτων και Μέτρηση Επιφανειακών Χαρακτηριστικών.

Η πλέον αντικειμενική αξιολόγηση της λειτουργικής κατάστασης του οδοστρώματος γίνεται με την χρήση ειδικών οργάνων για την καταγραφή των επιφανειακών χαρακτηριστικών του οδοστρώματος. Η χρήση τους έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνεται και η ταχύτητα συλλογής των στοιχείων. Το μόνο ίσως μειονέκτημα έναντι της οπτικής επισκόπησης, είναι η απαίτηση επένδυσης πολύ μεγαλύτερου κεφαλαίου για την αγορά των αναγκαίων οργάνων.

Πριν γίνει αναφορά στα όργανα που χρησιμοποιούνται και πως αξιολογούνται τα αποτελέσματα που λαμβάνονται από αυτά, θεωρείται ότι είναι χρήσιμο να γίνει μια αναφορά στα επιφανειακά χαρακτηριστικά της οδού.

2.1.1 Επιφανειακά χαρακτηριστικά οδοστρώματος.

Τα επιφανειακά χαρακτηριστικά του οδοστρώματος που έχουν άμεση σχέση με την λειτουργικότητα του οδοστρώματος είναι αυτά που συσχετίζονται με το γεωμετρικό προφίλ αυτού στο κάθετο επίπεδο.

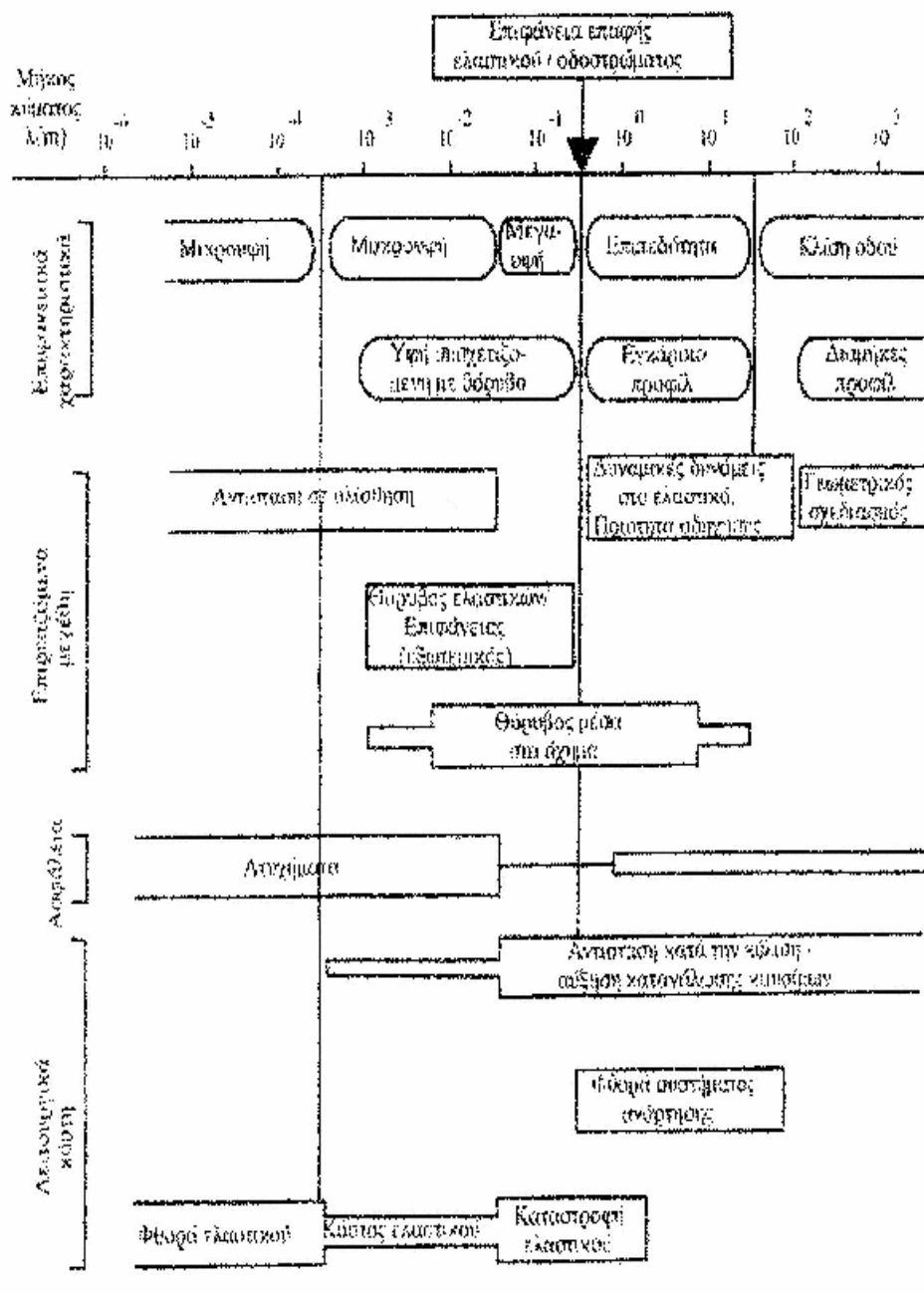
Ανάλογα με το μέγεθος του μήκους κύματος του προφίλ της επιφάνειας καθορίζεται το εύρος κάθε επιφανειακής χαρακτηριστικής ιδιότητας. Δηλαδή η μικρό-υφή έχει μήκος κύματος περίπου έως 5×10^{-4} m, η μακρουφή από 5×10^{-4} m έως 5×10^{-2} m, η μακρό-υφή από 5×10^{-2} m έως 5×10^{-1} m και η τραχύτητα από 5×10^{-1} m έως $5 \times 10^{+1}$ m (σχήμα 2.1).

Τα επιφανειακά χαρακτηριστικά επηρεάζουν όχι μόνο την ασφάλεια και την άνεση κατά την οδήγηση, αλλά και την οδήγηση και το περιβάλλον (κυρίως θόρυβος) και το λειτουργικό κόστος (μείωση ή αύξηση αυτού σε σχέση με το κόστος της ενέργειας που σπαταλάται κατά την οδήγηση, το κόστος συντήρησης και το λειτουργικό κόστος των οχημάτων). Στο ίδιο σχήμα, σχήμα 2.1, επεξηγείται παραστατικά η επίδραση του μήκους κύματος του προφίλ της επιφάνειας στα προαναφερθέντα μεγέθη.

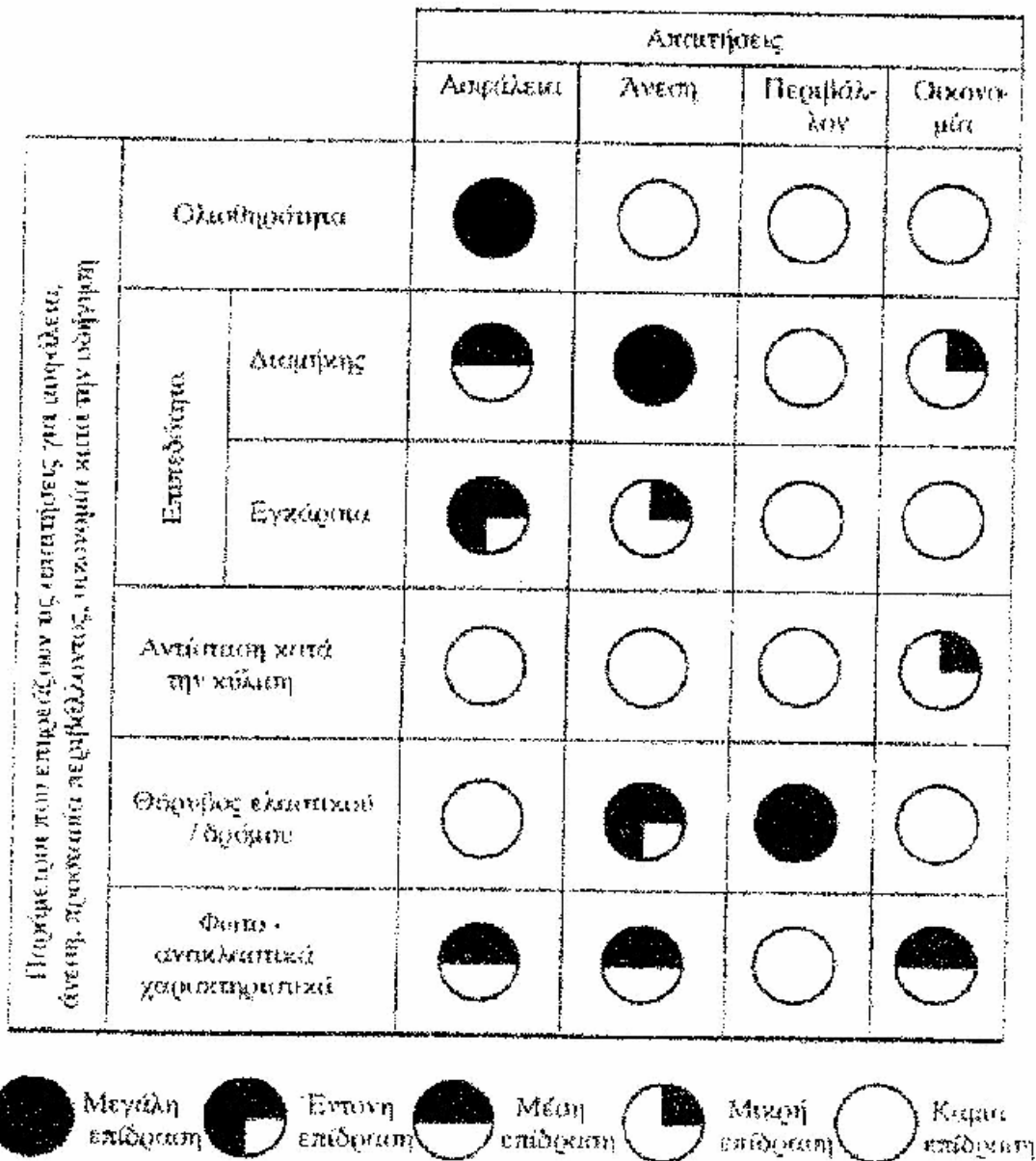
Ένα οδόστρωμα θα πρέπει πρωτίστως να έχει καλή αντιολισθηρή επιφάνεια (καλή μικρό-υφή και μακρό-υφή) για την αποφυγή ατυχημάτων καθώς και καλή επιπεδότητα και στις δυο κατευθύνσεις (εγκάρσια και διαμήκη), για την παροχή άνεσης κατά την οδήγηση, αλλά και την παροχή πρόσθετης ασφάλειας. Επιπροσθέτως η επιφάνεια του οδοστρώματος δεν θα πρέπει να δημιουργεί υψηλό

θόρυβο με τα ελαστικά του αυτοκινήτου και να έχει καλές φωτοανακλαστικές ιδιότητες (η μικρό-υφή και μακρό-υφή και η παρακράτηση και δημιουργία υδατινών υμένων είναι οι βασικότερες παράμετροι επηρεασμού). Στο σχήμα 2.2 δίνεται η αναλογική επίδραση των παραπάνω χαρακτηριστικών στην ασφάλεια, άνεση , περιβάλλον και μείωση του λειτουργικού κόστους

Σχήμα 2.1 Το φάσμα του μήκους κύματος επιφανειακών χαρακτηριστικών Όπως ορίζεται διεθνώς.



Σχήμα 2.2 Επίδραση επιφανειακών χαρακτηριστικών στην ασφάλεια ,
 Άνεση, περιβάλλον και οικονομία.

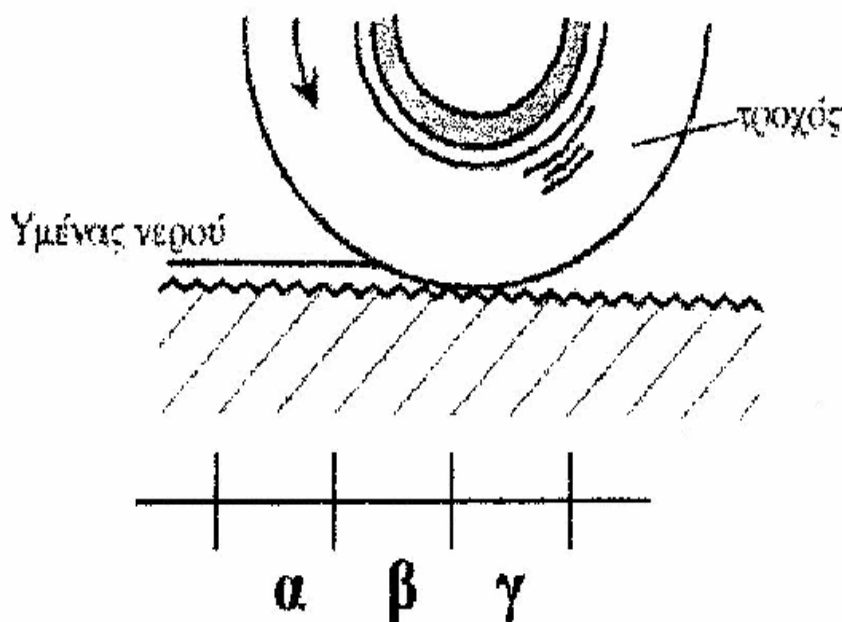


2.1.2 Αντίσταση επιφάνειας σε ολίσθηση

Η αντίσταση της επιφάνειας σε ολίσθηση συσχετίζεται άμεσα με την ασφάλεια του οχήματος τόσο κατά την οδήγηση (κυρίως στις στροφές) όσο και κατά την τροχοπέδηση, ιδιαίτερα όταν η επιφάνεια είναι υγρή.

Είναι γνωστό ότι η παρεμβολή ύδατος μεταξύ ελαστικού και επιφάνειας κύλισης μειώνει την αντίσταση σε ολίσθηση. Συνεπώς η αντίσταση στην ολίσθηση αυξάνεται όσο αυξάνεται η επιφάνεια της ξηρής επαφής μεταξύ του ελαστικού και του οδοστρώματος.


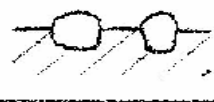
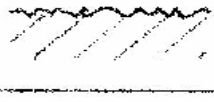
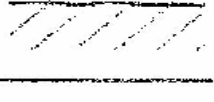
Σε αυτό συντελεί πρωτίστως η μικρό-υφή και μακρό-υφή της επιφάνειας του οδοστρώματος. Η ύπαρξη μακρό-υφής συντελεί στην καταστροφή του λεπτού υδάτινου υμένα που δημιουργείται μεταξύ του ελαστικού και της επιφάνειας του οδοστρώματος, ενώ η μικρό-υφή υποβοηθά τη γρήγορη αποστράγγιση του ύδατος κάτω από το ελαστικό. Έτσι υπάρχει πάντοτε επαρκής ξηρή επιφάνεια, περιοχή (γ), σχήμα 2.3 και πρόσφυση ελαστικού και οδοστρώματος. Η περιοχή (β) είναι μια μεταβατική ζώνη μεταξύ υγρής και ξηρής επαφής. Ο μηδενισμός της περιοχής (γ) έχει ως συνέπεια την δημιουργία υδάτινου υμένα στην διεπιφάνεια ελαστικού και οδοστρώματος, με αποτέλεσμα να μηδενίζεται ο συντελεστής τριβής και κατ' επέκταση σε ολίσθηση. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται υδρολίση και η ανάπτυξη του είναι άκρως επικίνδυνη για την ασφάλεια του οχήματος.



Σχήμα 2.3 Πρόσφυση ελαστικού σε υγρή επιφάνεια

α) Παρεμβολή ύδατος , β) Υγρή κατάσταση , γ) Ξηρή επαφή

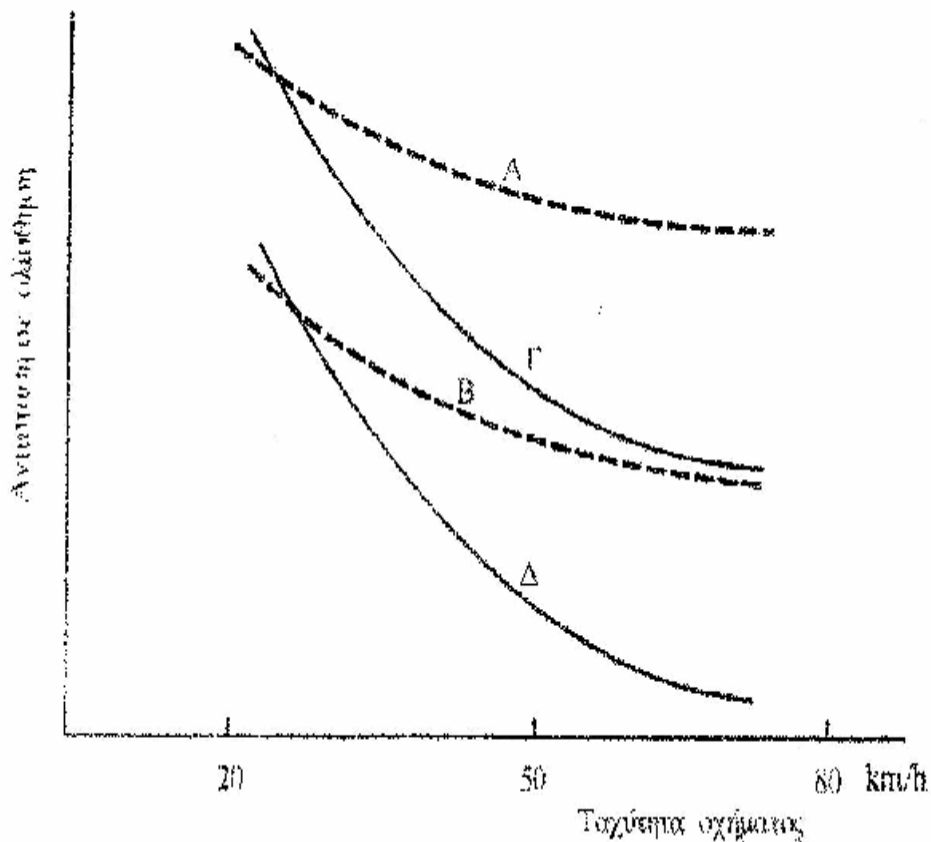
Η μικρο-υφή συσχετίζεται με την αδρότητα της επιφάνειας των αδρανών, ενώ η μακρο-υφή συσχετίζεται με την τραχύτητα της επιφάνειας του οδοστρώματος λόγω προεξοχής των αδρανών από την επιφάνεια. Η συνύπαρξη ή μη των παραπάνω χαρακτηριστικών χαρακτηρίζει την επιφάνεια ως:τραχεία και αδρή (συνύπαρξη μικρό-υφής και μακρό-υφής) τραχεία και λεία (ύπαρξη μόνο μακρο-υφής) ,ομαλή και αδρή (ύπαρξη μόνο μικρο-υφής) ή ομαλή και λεία (απουσία μικρό-υφής και μακρό-υφής). Οι παραπάνω χαρακτηρισμοί επεξηγούνται σχηματικά στο *σχήμα 2.4*.

Ελακρότητα	Υφή επιφάνειας	
	Μακρο-υφή	Μικρο-υφή
Α		Αδρή
Β		Λεία
Γ		Αδρή
Δ		Λεία

Σχήμα 2.4 Όροι που χρησιμοποιούνται για το χαρακτηρισμό της επιφανειακής υφής του οδοστρώματος.

Η επίδραση των παραπάνω ειδών επιφάνειας στο συντελεστή αντιολίσθησης συναρτήσει της ταχύτητας του οχήματος, επεξηγείται στο *σχήμα 2.5*.

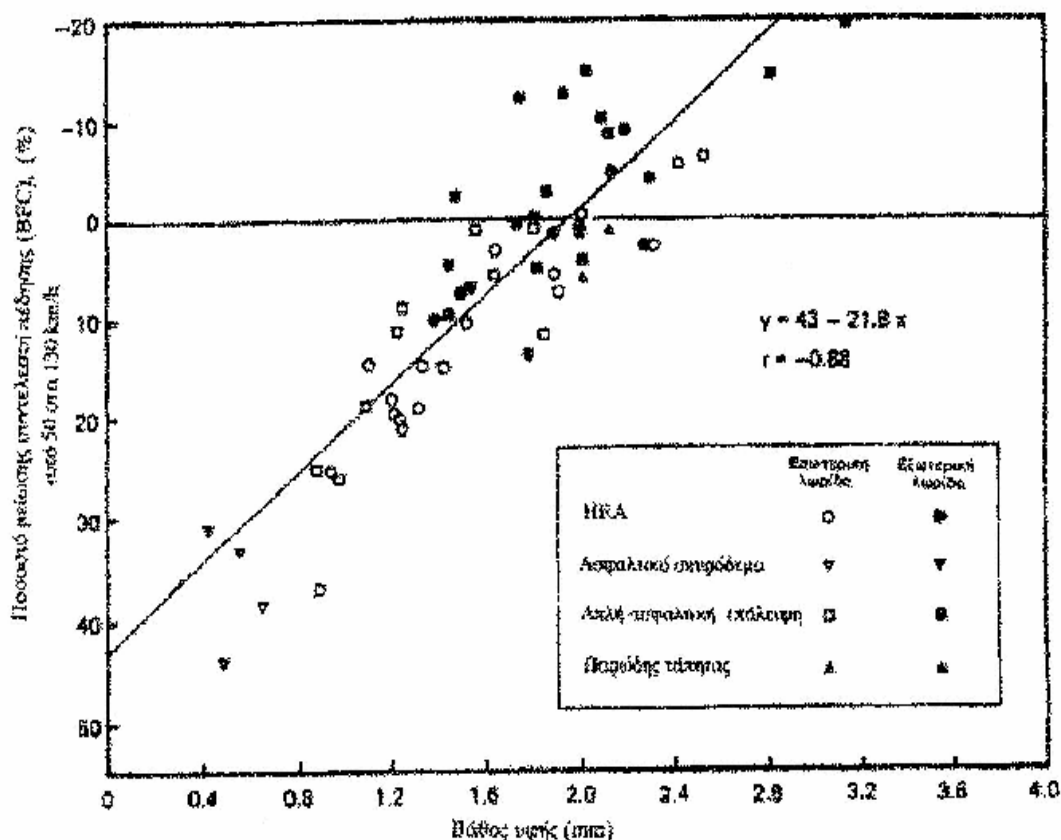
Είναι σαφές ότι με την αύξηση της ταχύτητας η αντιολισθηρή ικανότητα της επιφάνειας μειώνεται και η μείωση αυτή είναι περισσότερο αισθητή στην περίπτωση απουσίας μακρο-υφής (καμπύλες Γ και Δ). Από το *σχήμα 2.5* εξάγεται επίσης το συμπέρασμα ότι σε χαμηλές ταχύτητες, έως 50 χμ/ ώρα, η ύπαρξη μόνο μικρο-υφής, είναι ικανή να δώσει ικανοποιητικό συντελεστή αντιολίσθησης (αρχή της καμπύλης Γ). Σε υψηλές ταχύτητες η ύπαρξη και μακρο-υφής είναι απολύτως αναγκαία για την διατήρηση του συντελεστή αντιολίσθησης σε ικανοποιητικά επίπεδα (καμπύλη Α). Τέλος η ύπαρξη μόνο μακρο-υφής δεν προσδίδει καλό συντελεστή αντιολίσθησης ακόμη και σε υψηλές ταχύτητες (καμπύλη Β).



Σχήμα 2.5 Αντίσταση σε ολίσθηση υγρών επιφανειών (μετρηθείς σε λείο πέλμα ελαστικού)

Η ύπαρξη καλής υφής του οδοστρώματος (μικρό-υφή και μακρό-υφή) εκφράζεται συναρτήσει του βάθους υφής. Στο διάγραμμα του σχήματος 2.6 φαίνεται η επίδραση του βάθους υφής, των επιφανειών που κατασκευάστηκαν από διάφορα ασφαλτομίγματα, στη μείωση του συντελεστή αντιολίσθησης (BFC) όταν η ταχύτητα του οχήματος αυξάνεται από 50 χμ/ ώρα σε 130 χμ/ ώρα. Χαρακτηριστική είναι η μείωση του συντελεστή πέδησης στην επιφάνεια που δημιουργείται από ασφαλτικό σκυρόδεμα.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι το ασφαλτικό σκυρόδεμα είναι το κατεξοχήν μίγμα που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα. Από το ίδιο σχήμα φαίνεται ότι με ασφαλτικό σκυρόδεμα είναι αδύνατον να παραχθεί βάθος μακρο-υφής μεγαλύτερο από 0.8 mm.



Σχήμα 2.6. Επίδραση βάθους υφής στη μείωση του συντελεστή πέδησης (BFC) με την αύξηση της ταχύτητας από 50 χμ/ ώρα σε 130 χμ/ ώρα .

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν άμεσα το συντελεστή αντιστάσεως είναι :το πέλμα (ίχνος) του ελαστικού (λείο ή ανάγλυφο) και το είδος του ελαστικού (με χαμηλό ή υψηλό ποσοστό πλαστικού υλικού). Όσο πιο λεία είναι η επιφάνεια του ελαστικού τόσο περισσότερο μειώνεται η αντίσταση ολίσθησης με την αύξηση της ταχύτητας του οχήματος που κινείται επί λείας επιφάνειας οδοστρώματος. Επίσης όσο υψηλότερο είναι το ποσοστό του πλαστικού στο μίγμα τόσο μικρότερος θα είναι ο συντελεστής αντιστάσεως σε τραχείες επιφάνειες.

Τέλος, μια άλλη παράμετρος που επηρεάζει την μεταβλητότητα της αντίστασης σε ολίσθηση είναι ο εποχιακός παράγοντας. Η επιφάνεια του οδοστρώματος παρουσιάζει μεγαλύτερη αντίσταση σε ολίσθηση κατά τους χειμερινούς μήνες έναντι των θερινών μηνών. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην καθαρότητα της επιφάνειας κατά τους χειμερινούς μήνες.

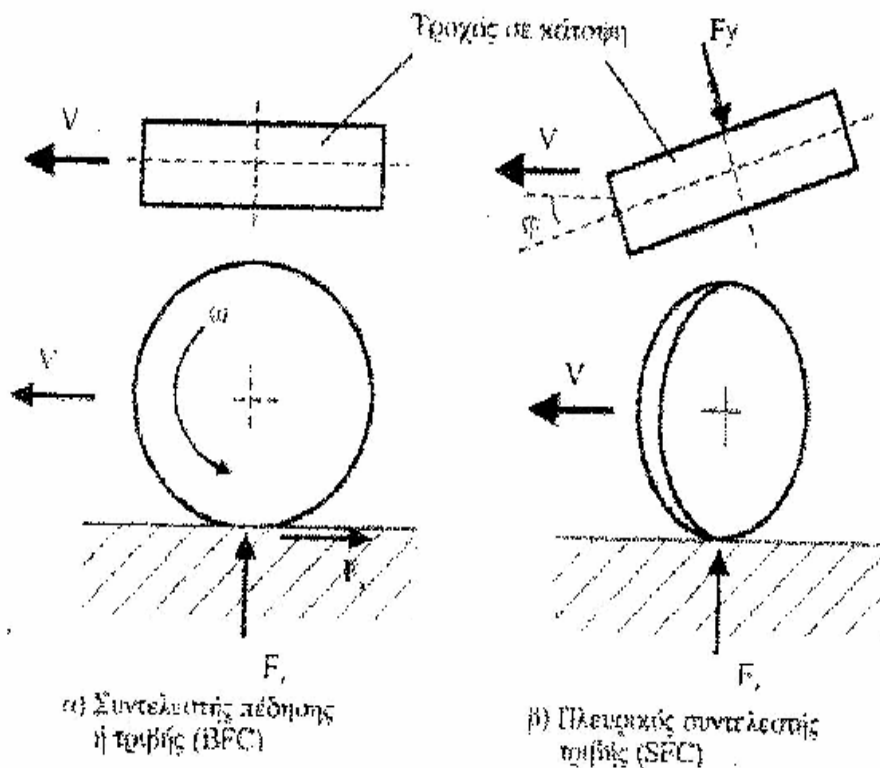
2.1.3 Μέτρηση αντίστασης επιφάνειας σε ολίσθηση.

Η μέτρηση της αντίστασης της επιφάνειας σε ολίσθηση γίνεται με αυτοκινούμενα όργανα καθώς και με τη φορητή συσκευή γνωστή ως Βρετανικό εκκρεμές.

Τα αυτοκινούμενα μηχανήματα διακρίνονται σε δυο βασικές κατηγορίες. Στη μια κατηγορία ανήκουν τα όργανα με τα οποία η μέτρηση του συντελεστή αντίστασης σε ολίσθηση γίνεται από ειδικό τροχό που κινείται κατά την κατεύθυνση κίνησης και μπλοκάρει πλήρως ή μερικώς κατά το σύντομο χρόνο της πέδησης.

...Στην πρώτη περίπτωση, κατά την πέδηση, ειδικό ηλεκτρονικό σύστημα καταγράφει την αναπτυσσόμενη οριζόντια δύναμη τριβής (f_x) καθώς και την κάθετη δύναμη που εξασκείται από τον τροχό ή τη δύναμη αντίδρασης του εδάφους (f_z). Ο λόγος των δυο δυνάμεων (f_y/f_x) δίνει το συντελεστή πέδησης ή το συντελεστή τριβής κατά τη διαμήκη διεύθυνση (SFC).

Στην δεύτερη περίπτωση μετράται η οριζόντια πλευρική δύναμη τριβής (f_y) σχήμα 2.7 (β) καθώς και η κάθετη δύναμη αντίδρασης του εδάφους, με αποτέλεσμα ο λόγος των δυνάμεων (f_y/f_x) να ονομάζεται πλευρικό συντελεστής τριβής (SFC).



Σχήμα 2.7 Επεξήγηση συντελεστών αντίστασης σε ολίσθηση

2.1.4 Όργανα μέτρησης αντίστασης σε ολίσθηση

Από διάφορα όργανα που αναπτύχθηκαν κατά καιρούς σήμερα χρησιμοποιούνται ευρέως τρία. Αυτά είναι το SCRIM (Βρετανικό ολισθηρόμετρο) το ASTM skid trailer (ολισθηρόμετρο ASTM) και το Skiddometer (Σουηδικό ολισθηρόμετρο). Από τα παραπάνω τρία όργανα το SCRIM μετρά πλευρικό συντελεστή τριβής ενώ το ASTM skid trailer και το Skiddometer συντελεστή τριβής κατά τη διαμήκη διεύθυνση με τον τροχό μερικώς μπλοκαρισμένο.

Το SCRIM φαίνεται να χρησιμοποιείται από περισσότερες χώρες ,έναντι των άλλων οργάνων και είναι αυτό που φαίνεται να καθιερώνεται ως πρότυπη μέθοδος μέτρησης της ολισθηρότητας στην Ευρώπη. Το ολισθηρόμετρο ASTM χρησιμοποιείται κυρίως στις Η.Π.Α και τον Καναδά, ενώ το Skiddometer χρησιμοποιείται στη Σουηδία ,Ελβετία και σε ορισμένες άλλες χώρες. Στην Ελλάδα η μέτρηση της ολισθηρότητας γίνεται μέχρι σήμερα με το ASTM skin trailer.

Πλην των παραπάνω θα πρέπει να αναφερθεί ότι υπάρχουν αλλά δεν χρησιμοποιούνται ευρέως και τα Stradograph (αναπτύχθηκε και χρησιμοποιείται στη Δανία και χρησιμοποιεί τροχό υπό γωνία), το stuttgart reidungsmesser-SRM(αναπτύχθηκε και χρησιμοποιείται στη Γερμανία και χρησιμοποιεί πλήρως μπλοκαρισμένο τροχό) και το Ιαπωνικό ολισθηρόμετρο (που έχει την δυνατότητα να μετρά συντελεστές τόσο με τον τροχό πλήρως ή μερικώς μπλοκαρισμένο όσο και υπό γωνία).

Όλες οι μετρήσεις εκτελούνται σε υγρή επιφάνεια. Έτσι τα όργανα έχουν την δυνατότητα να διαβρέχουν την επιφάνεια, δημιουργώντας έναν υδάτινο υμένα συνήθως πάχους 0.5 mm , λίγο πριν την λήψη των μετρήσεων.

Βρετανικό ολισθηρόμετρο SCRIM

Το SCRIM (Sideway-force Coefficient Routine Investigation Machine), *φωτογραφία 2.1*, αναπτύχθηκε στην Αγγλία και αποτελείται από ειδικό όχημα που φέρει τον τροχό μέτρησης στα πλάγια του οχήματος μεταξύ του εμπρόσθιου και πίσω άξονα, δεξαμενή νερού χωρητικότητας συνήθως 3m³ και σύστημα καταγραφής και επεξεργασίας αποτελεσμάτων. Οι μετρήσεις λαμβάνονται με τυποποιημένο λείο τροχό υπό γωνία 200 και με σταθερή ταχύτητα 50 km/hr, εκτός εάν πρόκειται για πολύ κλειστές στροφές οπότε η ταχύτητα μέτρησης είναι μικρότερη από 20 ή 30

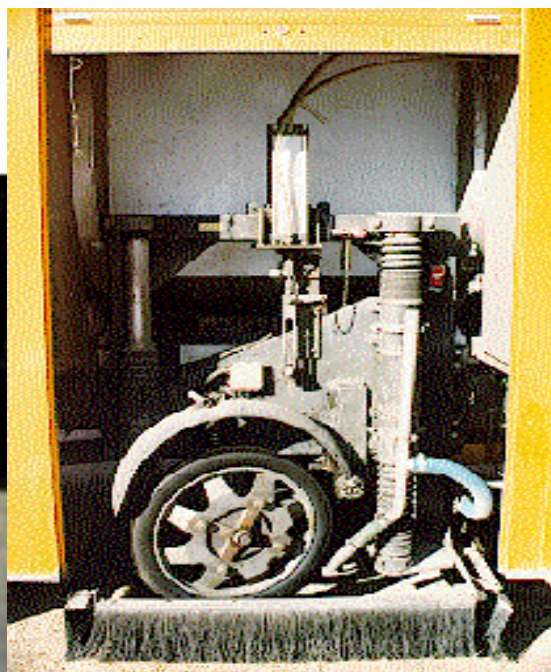
km/hr. Η μέγιστη δυνατή ταχύτητα μέτρησης για αξιόπιστα αποτελέσματα είναι τα 80 km/hr.

Μετρήσεις λαμβάνονται συνεχώς αλλά καταγράφονται σε τακτές αποστάσεις, συνήθως 5, 10 ή 20 m. Η συνεχής λήψη μετρήσεων και η συχνότατη καταγραφή αυτών είναι το βασικό πλεονέκτημα των οργάνων που χρησιμοποιούν τροχό υπό γωνία, διότι έτσι εικονίζεται πλησιέστερα η κατάσταση του οδοστρώματος. Η τιμή που εξάγεται κατά την μέτρηση ονομάζεται συντελεστής πλευρικής ολίσθησης (SFC) ή συντελεστής SCRIM (SC). Οι μετρήσεις εκφράζονται σε δεκαδικό κλάσμα με δυο δεκαδικά και κυμαίνονται θεωρητικά τουλάχιστον από 0 έως 1 (όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή τόσο καλύτερη είναι η αντιολισθηρή ικανότητα της επιφάνειας). Οι μετρήσεις επηρεάζονται άμεσα από την ταχύτητα μέτρησης και από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Για την επίλυση του πρώτου παράγοντα επηρεασμού θα πρέπει η ταχύτητα να διατηρείται σταθερή καθ' όλη την διάρκεια των μετρήσεων. Ταχύτητες που έχουν καθιερωθεί, σε διάφορες χώρες, ως πρότυπες ταχύτητες μετρήσεων είναι τα 50 km/hr ή 60 km/hr σε θέσεις όπου μπορούν να αναπτυχθούν αυτές, και 20 km/hr σε θέσεις που δεν είναι δυνατόν να αναπτυχθούν υψηλές ταχύτητες (στροφές με πολύ μικρή ακτίνα, πλατείες κ.λ.π). Ο παράγοντας θερμοκρασία λαμβάνεται υπόψη από το ενσωματωμένο πρόγραμμα επεξεργασίας των αποτελεσμάτων.

Φωτογραφία 2.1



Όχημα SCRIM



Η ακτίνα δράσης του SCRIM καθορίζεται από την χωρητικότητα της δεξαμενής νερού, το οποίο χρησιμοποιείται για την διαβροχή της επιφάνειας προς προσομοίωση βρεγμένης επιφάνειας. Με δεξαμενή χωρητικότητας 3m^3 η ακτίνα δράσης είναι περίπου 60 km. Κοστολογικά το SCRIM είναι το ακριβότερο των τριών κύριων μηχανημάτων μέτρησης ολισθηρότητας που χρησιμοποιείται σήμερα.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι τυποποιημένες συνθήκες ελέγχου μπορεί να διαφέρουν από χώρα σε χώρα.

Ολισθηρόμετρο ASTM

Το ολισθηρόμετρο ASTM αναπτύχθηκε στην Αμερική και αποτελείται από ένα τροποποιημένο όχημα που έλκει ένα ειδικά σχεδιασμένο τρέιλερ. Το τρέιλερ φέρει το φορτίο που εξασκείται στο ελαστικό και το σύστημα καταγραφής των μετρήσεων. Οι μετρήσεις λαμβάνονται από τον έναν ή από τους δυο τροχούς του τρέιλερ (και οι δυο τροχοί μπορούν να εκτελούν μετρήσεις κατόπιν ειδικής παραγγελίας, αλλά χρησιμοποιούνται εναλλάξ). Η δεξαμενή του νερού (χωρητικότητα 2 ή 3 m^3) και το σύστημα επεξεργασίας των αποτελεσμάτων βρίσκονται στο όχημα που έλκει το τρέιλερ, (φωτογραφία 2.2).



Φωτογραφία 2.2 **Όχημα ASTM skin trailer**

Οι μετρήσεις λαμβάνονται με τον τροχό μπλοκαρισμένο για ορισμένο χρονικό διάστημα (συνήθως 2 δευτερόλεπτα) σε τακτές αποστάσεις συνήθως 200m (μικρότερες αποστάσεις παραδείγματος χάριν όπως στην περίπτωση του SCRIM δεν ενδείκνυνται διότι θερμαίνεται ο τροχός και επηρεάζονται οι μετρήσεις). Η πρότυπη ταχύτητα μέτρησης είναι 65 km/hr. Ο τροχός μέτρησης είναι τροποποιημένος και σε

αντίθεση με το SCRIM που είναι πολύ λείος ,φέρει ραβδώσεις. Οι μετρήσεις εκφράζονται ως αριθμός ολίσθησης (SN) ο οποίος δίνει ακέραιες τιμές, θεωρητικά τουλάχιστον από 1 έως 100 (όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή τόσο καλύτερη είναι η αντιολισθηρή ικανότητα της επιφάνειας).

Διορθώσεις ως προς τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, και στην περίπτωση αυτή , είναι αναγκαίες και γίνονται αυτόματα από το ενσωματωμένο πρόγραμμα επεξεργασίας των αποτελεσμάτων.

Η ακτίνα δράσης του μηχανήματος αυτού είναι παρόμοια με του SCRIM. Κοστολογικά το Skid trailer είναι φθηνότερο του SCRIM.

Δεδομένου ότι με τον μπλοκαρισμένο τροχό δε μετράται η μέγιστη τιμή του συντελεστή τριβής αλλά λίγο μικρότερη, μελετάται μήπως στη νεότερη έκδοση του οργάνου ενσωματωθεί σύστημα αντιμπλοκαρίσματος του τροχού. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα και την καλύτερη προσομοίωση του συντελεστή τριβής που αναπτύσσεται στα ελαστικά των αυτοκινήτων που φέρουν σύστημα ABS, και το οποίο τείνει να ενσωματώνεται σε όλα τα αυτοκίνητα. Επί του παρόντος η προδιαγραφή που καθορίζει τον τρόπο λήψης των μετρήσεων είναι η ASTM E 274.

Skiddometer

Το skiddometer, *φωτογραφία 2.3*, σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε στη Σουηδία και αποτελείται από ένα τρέιλερ που φέρει μόνο έναν τυποποιημένο τροχό με ραβδώσεις και το σύστημα καταγραφής των μετρήσεων. Το τρέιλερ σύρεται από όχημα στο οποίο υπάρχει μικρή δεξαμενή νερού (χωρητικότητας περίπου $0,70\text{m}^3$) και μονάδα επεξεργασίας των αποτελεσμάτων. Η δεξαμενή του παρέχει αυτονομία για μετρήσεις σε απόσταση περίπου 10km.

Οι μετρήσεις λαμβάνονται με τον τροχό παράλληλο προς τη διεύθυνση κινήσεων αλλά δίχως αυτός να μπλοκάρει (επιτρέπει 15% μετατόπιση-γλίστρημα). Με το skiddometer μπορούν να εκτελεστούν μετρήσεις με ταχύτητα μέχρι και 110 km/h . Το γεγονός αυτό κάνει το μηχάνημα να βρίσκει μεγάλη εφαρμογή στη μέτρηση ολισθηρότητας των αεροδρομίων. Κοστολογικά το μηχάνημα είναι φθηνότερο από τα προηγούμενα δύο. Το τελευταίο μοντέλο, γνωστό και ως SAAB Friction tester, μπορεί επίσης να μετρήσει και ομαλότητα επιφάνειας κατά τη διαμήκη διεύθυνση.,

Οι μετρήσεις που λαμβάνονται έχουν θεωρητική μέγιστη και ελάχιστη τιμή ίδια με το SCRIM , πλην όμως δεν υπάρχει πλήρης αντιστοιχία των αποτελεσμάτων .



Φωτογραφία 2.3 Skiddometer

Βρετανικό Εκκρεμές (Φορητή συσκευή μέτρησης αντίστασης σε ολίσθηση)

Το Βρετανικό εκκρεμές , *φωτογραφία 2.4* , σχεδιάστηκε με σκοπό την ύπαρξη ενός φθηνού και φορητού μηχανήματος για επιτόπου μετρήσεις .

Η συσκευή αποτελείται από ένα βραχίονα που φέρει στο άκρο του τυποποιημένο πλαστικό τακούνι. Ο βραχίονας αφήνεται να ταλαντωθεί από την οριζόντια θέση, όπως ένα εκκρεμές, αφού προηγουμένως ρυθμιστεί το ύψος της συσκευής έτσι ώστε το μήκος της επιφάνειας ολίσθησης του ελαστικού τακουνιού πάνω στην επιφάνεια του οδοστρώματος να είναι συγκεκριμένο. Λόγω της αντίστασης τριβής που αναπτύσσεται επέρχεται απώλεια της αρχικής δυναμικής ενέργειας με αποτέλεσμα ο βραχίονας να μην επανέρχεται και πάλι στην οριζόντια θέση. Ο βραχίονας παρασύρει μαζί του και έναν δείκτη ο οποίος στο σημείο που σταματά δίνει, υπό ειδική κλίμακα που βρίσκεται στο αριστερό μέρος της συσκευής , την τιμή αντίστασης σε ολίσθηση (SRV). Η κλίμακα των τιμών είναι από μηδέν έως 150 μονάδες. Πριν την έναρξη της δοκιμής , η επιφάνεια διαβρέχεται με επαρκή ποσότητα νερού. Κατά την εκτέλεση της δοκιμής γίνονται τουλάχιστον 3 μετρήσεις στο ίδιο σημείο. Ο μέσος όρος τριών συνεχόμενων μετρήσεων που δεν διαφέρουν περισσότερο από τρεις μονάδες λαμβάνεται ως αντιπροσωπευτική τιμή του σημείου μέτρησης. Τα τελικά αποτελέσματα που εξάγονται διορθώνονται ως προς τη θερμοκρασία της επιφάνειας του οδοστρώματος (*πίνακας 2.1*).



Φωτογραφία 2.4 Βρετανικό Εκκρεμές

Οι συνθήκες ελέγχου επιλέχθηκαν κατά τέτοιο τρόπο ώστε οι τιμές που λαμβάνονται να αντιστοιχούν με τις τιμές του πλευρικού συντελεστή αντίστασης σε ολίσθηση SFC με ταχύτητα 50km/h. Μεταξύ δύο μεθόδων μέτρησης βρέθηκε ότι υπάρχει καλή συσχέτιση με την προϋπόθεση ότι η επιφάνεια έχει μέτρια ή καλή u (δηλαδή δεν ισχύει για λείες επιφάνειες).

Η εξίσωση συσχέτισης που βρέθηκε είναι $SRV = 105 \times SFC_5$

Η μέθοδος μέτρησης της αντίστασης σε ολίσθηση με το εκκρεμές έχει το πλεονέκτημα ότι απαιτεί τη χρήση ασυγκρίτως φθηνότερης συσκευής (5-30 φορές χαμηλότερο το κόστος κτήσης έναντι οποιασδήποτε άλλης συσκευής) και εξάγονται εξίσου αξιόπιστα αποτελέσματα. Πλην όμως , δεν παρέχει την ευχέρεια μέτρησης μεγάλου μήκους οδοστρώματος. Επιπροσθέτως ο τρόπος μέτρησης φέρει κυκλοφοριακή αναστάτωση (λόγω του ότι θα πρέπει να κλείσει ένα τμήμα της οδού) και παράλληλα είναι και επικίνδυνα για αυτούς που εκτελούν τις μετρήσεις, λόγω πιθανής εκτροπής κάποιου οχήματος σε σημεία με υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο.

Πίνακας 2.1 Μονάδες διόρθωσης του SRV λόγω επιφανειακής θερμοκρασίας.

Επιφανειακή θερμοκρασία οδοστρώματος (°C)	Μονάδες διόρθωσης του SRV
0	-7
10	-3
20	0
30	+2
40	+3

2.1.5 Οριακές τιμές αντίστασης σε ολίσθηση

Για την διασφάλιση της ασφάλειας των εποχούμενων από ολίσθηση , αρκετές χώρες έχουν θεσπίσει ελάχιστα επιτρεπτά όρια συντελεστών αντίστασης σε ολίσθηση (συντελεστές αντιολίσθησης) , τα οποία είναι γνωστά ως όρια επέμβασης . Άλλες πάλι έχουν θεσπίσει παράλληλα και όρια προειδοποίησης . Δηλαδή όταν η τιμή του συντελεστή αντιολίσθησης λάβει μια συγκεκριμένη τιμή, το τμήμα της οδού παρακολουθείται επισταμένως και προγραμματίζεται για αποκατάσταση της αντιολισθηρής του ικανότητας , διότι σύντομα πρόκειται να καταστεί επικίνδυνο. Τα όρια διαφέρουν από χώρα σε χώρα όπως επίσης διαφέρει και ο τρόπος μέτρησης του συντελεστή αντιολίσθησης . Στο *πίνακα 2.2* δίνονται οι οριακές τιμές που χρησιμοποιούνται από διάφορες χώρες.

Στην Αγγλία η ολισθηρότητα αντιμετωπίζεται με ιδιαίτερη προσοχή και σχολαστικότητα. Αυτό αποδεικνύεται από τις οριακές τιμές που παρατίθενται στον *πίνακα 2.3* για κάθε θέση , ανάλογα με την επικινδυνότητα αυτής .

Ο διαχωρισμός των θέσεων βοηθάει επίσης στην απόφαση ιεράρχησης και την κατάτμηση των εργασιών αποκατάστασης της αντιολισθηρής ικανότητας της επιφάνειας. Δηλαδή ένας δρόμος μπορεί να έχει ανεκτό συντελεστή αντιολίσθησης , πλην όμως ορισμένες θέσεις λόγω του μεγαλύτερου βαθμού επικινδυνότητας να χρειάζονται άμεση τοπική συντήρηση λόγω της μείωσης του συντελεστή αντιολίσθησης . Επίσης , με την εμφάνιση των οριακών τιμών και μέχρι τη σύντομη αποκατάσταση της αντιολισθηρής ικανότητας της επιφάνειας η αρμόδια υπηρεσία είναι υποχρεωμένη να αναρτήσει προειδοποιητικά σήματα ολισθηρότητας της οδού.

Χώρα	Όργανα	Όριο προειδοποίησης & Παρακολούθησης	Ελάχιστη επιτρεπτή τιμή (Όριο άμεσης αποκατάστασης – δράσης)
Βέλγιο	SCRIM	-	SFC ₆₀ =0.4 2% αυτοκ/μους 5% λοιπούς
Γαλλία	SCRIM	SFC ₆₀ <0.55	SFC ₆₀ = 0.25-0.45 Αναλόγως προτεραιότητας
Γερμανία	Stutt. Reibun.- SRM	-	M ₆₀ =0.36. μ ₅₀ =0.42, M ₄₀ =0.26, εάν 10% των μετρήσεων είναι μικρότερες των προηγούμενων τιμών
Ιρλανδία	SCRIM	-	SFC ₅₀ <0.5
Ισπανία	SCRIM	SFC ₅₀ = 0.5-0.4	SFC ₆₀ <0.4
Ιταλία	SCRIM	-	SFC ₆₀ <0.31-0.40 σε στροφές <0.28 σε ευθείες
Καναδάς	ASTM Skid Trailer	SN ₄₀ =40	SN ₄₀ =30
Σουηδία	Skiddometer BV –11	-	Δεν υπάρχουν συγκεκριμένες τιμές
ΗΠΑ	ASTM Skid trailer	Αναλόγως της πολιτείας SN ₄₀ =35-40	SN ₄₀ =30
Ελλάδα	ASTM Skid trailer	SN ₄₀ =40	SN ₄₀ =35 επικ/νες θέσεις SN ₄₀ =30 άλλες θέσεις

Πίνακας 2.2 Οριακές τιμές συντελεστών αντίστασης σε ολίσθηση για διάφορες χώρες.

Κατ.	Περιγραφή θέσης - δρόμου	Ελάχιστες τιμές SFC ₅₀ για διερεύνηση, ή παρακολούθηση ή επέμβαση							
		0.30 1*	0.35 2*	0.40 3*	0.45 4*	0.50 5*	0.55 6*	0.60 7*	0.65 8*
A	Αυτοκινητόδρομοι								
B	Δύο λωρίδες /κατεύθυνση με νησίδα								
Γ	Μια λωρίδα / κατεύθυνση								
Δ	Όπως B αλλά σε μη κύριους κόμβους								
Ε	Όπως B αλλά σε μη κύριους κόμβους								
Z	Προσέγγιση και επί κύριου κόμβου								
H1	Με κλίση 5% -10% σε μήκους > 50 m Δυο λωρίδες /κατ (μόνο κατωφέρεια) Μια λωρίδα /κατεύθυνση(ανωφέρεια και κατωφέρεια)								
H2	Με κλίση >10% σε μήκους > 50 m Δυο λωρίδες /κατ (μόνο κατωφέρεια) Μια λωρίδα /κατεύθυνση(ανωφέρεια και κατωφέρεια)								

Θ1	Στροφή ακτίνας <250m (άνευ ορίου ταχύτητας κάτω των 60km/h)								
I	Προσέγγιση σε πλατείες								
K	Προσέγγιση σε σηματοδότες, διαβάσεις, σιδηροδρομικές διασταυρώσεις κλπ.)								
	Τιμές SFC ₂₀ (μέση τιμή, καλοκαιρινών μετρήσεων)	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75
Θ2	Στροφή ακτίνα <100 m άνευ ορίου ταχύτητας κάτω των 60km/h								
Λ	Πλατείες								

οι αριθμοί από 1 έως 8 αντιστοιχούν στο βαθμό “ρίσκου” (επικινδυνότητας) της θέσης

Πίνακας 2.3 Επίπεδα τιμών SFC που χρησιμοποιούνται στη Βρετανία κάτω από τα οποία απαιτείται διερεύνηση ή συστηματική παρακολούθηση ή αποκατάσταση της αντίστασης σε ολίσθηση.

Θα πρέπει να τονισθεί ιδιαίτερα ότι η σχεδόν μόνιμη ύπαρξη προειδοποιητικού σήματος ολισθηρότητας της οδού, που συναντάται στην Ελλάδα ,δε λύνει το πρόβλημα της ολισθηρότητας.

Στην περίπτωση μη ύπαρξης μηχανήματος SCRIM στην Αγγλία χρησιμοποιούνται ως οριακές και οι τιμές που λαμβάνονται από το Βρετανικό εκκρεμές (πίνακας 2.4).

Στην Ελλάδα ,παρόλο που ένας μεγάλος αριθμός ατυχημάτων οφείλεται στην ολισθηρότητα του οδοστρώματος, δεν έχουν θεσπίσει συγκεκριμένες τιμές άμεσης επέμβασης. Οι τιμές που φαίνονται στον *πίνακα 2.2* είναι προτεινόμενες τιμές από το συγγραφέα. Βεβαίως η θεσμοθέτηση οριακών τιμών μόνο δεν λύνει το έντονο πρόβλημα της ολισθηρότητας των Ελληνικών οδοστρωμάτων

Κατηγορία	Περιγραφή θέσης	Ελάχιστη επιτρεπτή τιμή SRV
A	Δύσκολές θέσεις όπως : Πλατείες, στροφές με ακτίνα <150m Κλίση 1:20 ή σε μήκος >100m Προσέγγιση σε σηματοδότες	65
B	Αυτοκιν/μοι και όλοι οι άλλοι δρόμοι με βαριά κυκλοφορία (>200 εμπορικά οχήματα)	55
Γ	Όλες οι λοιπές θέσεις	45

Πίνακας 2.4 Ελάχιστα όρια τιμών αντίστασης ολίσθησης με το Βρετανικό εκκρεμές (SRV)

Το πρόβλημα της ολισθηρότητας των Ελληνικών δρόμων

Χρειάζεται να γίνει κατανοητό ότι η χρήση ασβεστολιθικών πετρωμάτων και ο τύπος του ασφαλτομίγματος που χρησιμοποιείται (ασφαλτικό σκυρόδεμα), είναι η καταλληλότερη συνταγή για δημιουργία ολισθηρής επιφάνειας μέσα σε πολύ λίγο χρονικό διάστημα από την κατασκευή (από την εμπειρία του γράφονται μέσα σε έξι μήνες). Η λύση του προβλήματος της ολισθηρότητας των ελληνικών δρόμων είναι απλούστερη και για νέες κατασκευές συνίσταται πρώτον, στη χρήση αποκλειστικά και μόνο σκληρών αδρανών (μη ασβεστολιθικών) για την κατασκευή της επιφανειακής στρώσης, και δεύτερον, στην αλλαγή του τύπου του ασφαλτομίγματος ,που χρησιμοποιείται ως επιφανειακή στρώση. Για τα ήδη υφιστάμενα οδοστρώματα που σχεδόν όλα , σε όλη την επικράτεια ,έχουν χαμηλότατο συντελεστή αντιολίσθησης, κατώτερο από οποιαδήποτε οριακή τιμή σε οποιαδήποτε χώρα, η λύση είναι μια και μοναδική. Να εφαρμοσθεί άμεσα μια από τις ενδεδειγμένες μεθόδους κατασκευής αντιολισθηρών λεπτοταπήτων.

Για όλα τα παραπάνω απαιτείται ουσιαστική και άμεση παρέμβαση του κράτους. Η παρέμβαση του κράτους συνίσταται κυρίως στη διευκόλυνση ταχύτατης ίδρυσης και λειτουργίας λατομείων παραγωγής σκληρών αδρανών, αλλά και στην αυστηρή επιβολή χρησιμοποίησης των προτεινόμενων οδηγιών που το ίδιο έχει εκδώσει για την αντιμετώπιση της ολισθηρότητας των οδοστρωμάτων. Παράλληλα, πρέπει να προχωρήσει στην ριζική αναθεώρηση των προδιαγραφών, αρχής γενομένης από τα ασφαλικά μίγματα.

Η ίδρυση λατομείων παραγωγής σκληρών αδρανών εμποδίζεται όχι από το ότι δεν υπάρχουν σκληρά πετρώματα στην Ελλάδα αλλά από το γεγονός ότι τα πετρώματα βρίσκονται εκτός λατομικών περιοχών. Ο χαρακτηρισμός μιας περιοχής ως λατομικής, βάσει της υπάρχουσας νομοθεσίας, είναι μια χρονοβόρα και απροσδιορίστου εκβάσεως διαδικασία. Στο σημείο αυτό ακριβώς χρειάζεται η άμεση παρέμβαση του κράτους, δηλαδή στο να χαρακτηρίσει γρήγορα, και μακριά από κάθε σκοπιμότητα, όλες τις γνωστές περιοχές με σκληρά πετρώματα, οι οποίες πληρούν τις προϋποθέσεις, ως λατομικές.

Σήμερα, τα δύο ή τρία λατομεία που παράγουν σκληρά αδρανή δεν είναι σε θέση να καλύψουν τις τεράστιες απαιτήσεις. Παράλληλα, το κόστος πώλησης είναι τουλάχιστον διπλάσιο από το κόστος πώλησης σκληρών αδρανών στην Ευρώπη, παρόλο που τα εργατικά είναι φθηνότερα στην Ελλάδα. Εάν προστεθεί και το κόστος μεταφοράς των αδρανών, η κατασκευή ταπήτων με σκληρά αδρανή γίνεται δαπανηρότερη για το κράτος, σε σύγκριση με άλλες Ευρωπαϊκές χώρες ακόμη και αυτών που δε διαθέτουν καθόλου σκληρά πετρώματα.

Η επιβολή υποχρεωτικής χρήσης των ενδεδειγμένων μεθόδων κατασκευής αντιστοιχικών ταπήτων δε χρειάζεται απόδειξη περί της αποτελεσματικότητας της, αλλά απλή νομοθετική ρύθμιση. Η αποτελεσματικότητα των μεθόδων έχει αποδειχθεί εδώ και πολλά χρόνια στο εξωτερικό, αλλά και για ορισμένες από αυτές και στην Ελλάδα. Δε μένει παρά να επιβληθεί η χρήση τους, αφού ταυτόχρονα ρυθμιστεί και το τεράστιο και αδικαιολόγητο πρόβλημά μη ύπαρξης και διάθεσης επαρκών ποσοτήτων σκληρών αδρανών.

2.1.6 Μέτρηση του βάθους υφής

Το βάθος της επιφάνειας, ουσιαστικά της μακρό-υφής, μετράται με δυο μεθόδους:

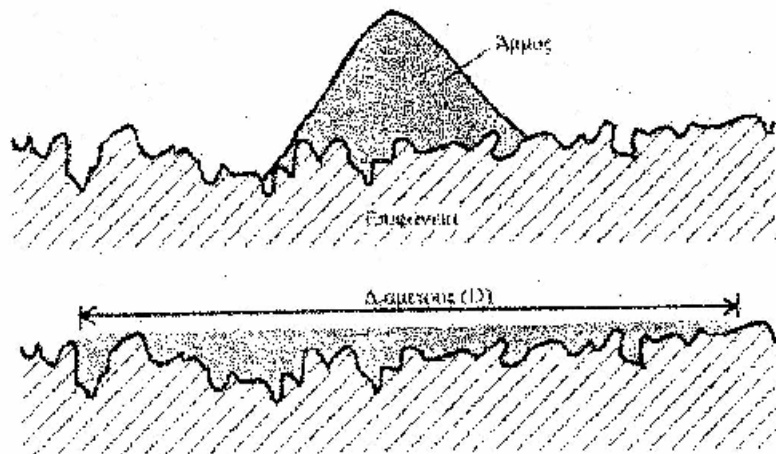
- α) την απλούστατη μέθοδο της κηλίδας άμμου και
- β) με ειδικά όργανα λείζερ.

Ø α) Μέθοδος της κηλίδας άμμου

Κατά τη μέθοδο της κηλίδας άμμου, γνωστός όγκος διαβαθμισμένης άμμου (διερχόμενη από το κόσκινο Νο 60 (0.270 mm) και συγκρατούμενη στο Νο 80 (0.120mm), διαχέεται σταδιακά, με κυκλικές κινήσεις και διατηρώντας το κυκλικό περιτύπωμα, έως ότου καλυφθούν όλα τα επιφανειακά κενά. Έτσι δημιουργείται μια κυκλική κηλίδα άμμου (σχήμα 2.8).

Το βάθος της υφής υπολογίζεται από τον τύπο :

$$\begin{aligned} \text{Βάθος υφής} &= \text{Όγκος Άμμου} / \text{Εμβαδόν κυκλικής επιφάνειας κηλίδας άμμου} \\ &= 4 * (\text{όγκος άμμου}) / \pi D^2 \end{aligned}$$



Σχήμα 2.8 Επεξήγηση καθορισμού βάθους υφής με τη μέθοδο της κηλίδας άμμου.

Ελάχιστες τιμές βάθους υφής

Σύμφωνα με τις Βρετανικές προδιαγραφές επιζητούνται ελάχιστες τιμές βάθους υφής κατά την κατασκευή και όχι μετά την πάροδο κάποιων χρόνων. Έτσι, για εύκαμπτα οδοστρώματα όπου αναπτύσσονται ταχύτητες μεγαλύτερες των 90km/h, το ελάχιστο μέσο βάθος υφής κατά την κατασκευή, σε μήκος 1000m, θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 1.5mm και καμία ομάδα δέκα μετρήσεων δε θα πρέπει να δίνει μέση τιμή κάτω από 1.2mm. Αντίστοιχα, για επιφάνειες από σκυρόδεμα η ελάχιστη μέση τιμή κατά την κατασκευή θα πρέπει να είναι 1.0 mm, με απόκλιση +0.25mm και -0.35mm.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι στο παρελθόν χρησιμοποιούνταν ως ελάχιστο επιτρεπτό όριο παλαιών οδοστρωμάτων ταχείας κυκλοφορίας το βάθος των 0.65 mm.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι, όπως προαναφέρθηκε, το ασφαλτικό σκυρόδεμα που χρησιμοποιείται αποκλειστικά και μόνο ως επιφανειακή στρώση στην Ελλάδα, δεν μπορεί να δώσει τιμές κατά την κατασκευή πάνω από 0,80mm περίπου (σχήμα 2.6).

Ø β) Μέτρηση βάθους υφής με όργανα λέιζερ

Τα τελευταία χρόνια το βάθος υφής μετράται με ειδικά όργανα που χρησιμοποιούν ακτίνες λέιζερ. Τα όργανα αυτά διακρίνονται σε δυο τύπους:

α)αυτά που σύρονται με το χέρι (mini texture meter) και

β)αυτά που σύρονται από όχημα και καταγράφουν το βάθος της μακρό-υφής κατά την κίνηση του οχήματος (φωτογραφία 2.5). Το σύστημα καταγραφής λέιζερ μπορεί επίσης να προσαρμοσθεί και στα όργανα καταγραφής της επιφανειακής επιπεδότητας και να γίνονται ταυτόχρονα και δυο μετρήσεις. Η επεξεργασία των μετρήσεων γίνεται με την βοήθεια μικρό επεξεργαστή που είναι και αυτός τοποθετημένος πάνω στο όργανο.



Φωτογραφία 2.5 Όχημα μέτρησης βάθους υφής με λέιζερ

Οι τιμές που λαμβάνονται από όργανα με λέιζερ δεν είναι ευθέως ανάλογες των μετρήσεων που λαμβάνονται από τη μέθοδο της κηλίδας άμμου, λόγω της διαφορετικής αρχής μέτρησης(το όργανο μετρά ουσιαστικά τη μέση υψομετρική διαφορά της μακρό-υφής). Έτσι, οι μετρήσεις με λέιζερ που είναι πάντοτε μικρότερες των μετρήσεων με τη μέθοδο της κηλίδας άμμου, θα πρέπει να πολλαπλασιάζονται

με ένα διορθωτικό συντελεστή, που τις περισσότερες φορές καθορίζεται από τον κατασκευαστή. Ο συντελεστής αυτός, από μετρήσεις που έγιναν από το TRRL με ένα από πρώτα όργανα που κατασκευάστηκαν, βρέθηκε ότι είναι 1.7 .

2.1.7 Επιπεδότητα επιφάνειας οδοστρώματος

Η επιπεδότητα (evenness) της επιφάνειας του οδοστρώματος ορίζεται διεθνώς ως “οι αποκλίσεις της επιφάνειας από την τελείως επίπεδη επιφάνεια με χαρακτηριστικές διαστάσεις (μήκος κύματος από 0.5 έως 50 m), οι οποίες επηρεάζουν τη δυναμική του οχήματος, την ποιότητα οδήγησης, τα δυναμικά φορτία και την αποστράγγιση των επιφανειακών υδάτων”. Το εύρος του μήκους κύματος που συσχετίζεται με την επιπεδότητα, σύμφωνα με το διαχωρισμό του πίνακα 2.2 είναι από 0.5 m έως 50 m.

Η επιπεδότητα της επιφάνειας συσχετίζεται κυρίως με το διάμηκες, αλλά και το εγκάρσιο , προφίλ του οδοστρώματος, τα οποία επηρεάζουν την κάθετη και πλευρική μετακίνηση του οχήματος και δημιουργούν το αίσθημα του “κουνήματος” , της μη καλής ποιότητας οδήγησης και της ανασφάλειας κατά την οδήγηση. Κατά τη διαμήκη διεύθυνση, φθορές όπως καθιζήσεις και διογκώσεις ή κατασκευαστικές αστοχίες κατά τη διάστρωση έχουν μεγάλο μήκος κύματος, της τάξεως των 10m έως 50m. Αντιθέτως, πτυχώσεις, απωθήσεις και λακκούβες έχουν μικρό μήκος κύματος από 0.5 m έως 10m. Κατά την εγκάρσια διεύθυνση, οι αυλακώσεις έχουν μήκος κύματος περίπου 1m.

Πλην της λέξης “επιπεδότητα” χρησιμοποιείται και η λέξη τραχύτητα (roughness). Και οι δυο εκφράζουν το ίδιο μέγεθος, δηλαδή την απόκλιση της επιφάνειας του οδοστρώματος από την τελείως επίπεδη επιφάνεια. Στην Ελλάδα ως πιο δόκιμος όρος συνίσταται όπως χρησιμοποιείται η λέξη επιπεδότητα.

Η επιπεδότητα της επιφάνειας της οδού θα μπορούσε να μετρηθεί με το χωροβάτη, πλην όμως κάτι τέτοιο θα ήταν τρομερά χρονοβόρο, και για το λόγο αυτό δε χρησιμοποιείται για μελέτες αξιολόγησης επιφανειακών χαρακτηριστικών. Ο χωροβάτης θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί, σε περιορισμένη όμως επιφάνεια, αποκλειστικά και μόνο κατά την παραλαβή του έργου (οδοστρώματος). Πλην όμως, και στην περίπτωση αυτή έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιούνται αποδοτικότερα μέσα/ όργανα, τα οποία θα περιγραφούν παρακάτω.

Σήμερα, η αξιολόγηση της επιπεδότητας της επιφάνειας του οδοστρώματος γίνεται με σύγχρονα όργανα πολύ μεγάλης απόδοσης και πολύ ικανοποιητικής ακρίβειας, τα οποία δεν επιφέρουν καμία κυκλοφοριακή αναστάτωση κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.

2.1.8 Όργανα μέτρησης επιπεδότητας.

Για τη γρήγορη και αποτελεσματική μέτρηση της επιπεδότητας μέχρι σήμερα έχουν αναπτυχθεί διάφορα όργανα. Τα όργανα αυτά, εάν εξαιρεθεί ο χωροβάτης ο οποίος δίνει το υπόλοιπο προφίλ της επιφάνειας (μηκοτομή), κατά τον Paterson κατατάσσονται σε τρεις βασικές κατηγορίες ανάλογα με το πώς ορίζεται το οριζόντιο επίπεδο αναφοράς και το τι ακριβώς καταγράφουν. Στον *πίνακα 2.5* δίνονται οι τρεις βασικές κατηγορίες και τα περισσότερο γνωστά όργανα.

Πίνακας 2.5 Όργανα μέτρησης επιπεδότητας επιφάνειας

Κατηγορία	Μέτρηση και τυπικά όργανα
Όργανα κινητού επιπέδου αναφοράς	Μετρούν την απόκλιση του προφίλ της επιφάνειας σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο αναφοράς της οδού το οποίο συνεχώς αλλάζει, ουσιαστικά αποτυπώνεται το γεωμετρικό προφίλ. Μονάδες μέτρησης mm. Τυπικά όργανα:Κυλιόμενη ράβδος επί τριών τροχών ή πολλαπλών τροχών, οδογράφος.
Όργανα σχετικής μετατόπισης (ομαλόμετρα)	Μετρούν:α)τη σχετική μετατόπιση του άξονα τροχού ως προς το σασί του αυτοκινήτου, αθροίζοντας τις κάθετες μετατοπίσεις αυτού σε τακτές αποστάσεις. Μονάδες:mm/km ή m/km. Τυπικά όργανα:Bump Integrator(TRRL), Mays ride meter, Road meter PCA και β)την κάθετη επιτάχυνση του άξονα με την βοήθεια επιταχυνσιομέτρων. Τυπικά όργανα:AMN, Road Surface Tester(RST-SAAB)
Όργανα δυναμικής αποτύπωσης προφίλ (προφιλόμετρα)	Καταγράφουν το προφίλ του οδοστρώματος ηλεκτρονικά ως προς ένα “σχετικό” οριζόντιο επίπεδο αναφοράς. Η αποτύπωση γίνεται:α)με τροχό, όπου μετράται η γωνιακή μετατόπιση του άξονα ως προς οριζόντιο εκκρεμές. Τυπικό όργανο:Profilometer Γαλλίας και β) με ακτίνες λέιζερ, όπου μετράται η ανάκλαση των ακτινών και μετατρέπεται σε υψομετρικές διαφορές. Τυπικό όργανο το High Speed Prifilimeter(Αγγλίας).

α) Όργανα κινητού επιπέδου αναφοράς-Κυλιόμενη δοκός

Τα όργανα αυτά είναι τα απλούστερα και φθηνότερα στην κτήση και χρήση τους. Σύρονται με το χέρι και συνεπώς έχουν πολύ μικρή απόδοση. Συνίστανται από μία δοκό η οποία φέρει τρεις ή περισσότερους τροχούς. Στην περίπτωση που η δοκός φέρει τρεις τροχούς οι δύο καθορίζουν το σχετικό οριζόντιο επίπεδο ενώ ο τρίτος καταγράφει το προφίλ της επιφάνειας. Η ίδια αρχή ισχύει και στην περίπτωση πολλαπλών τροχών. Τα όργανα αυτά χρησιμοποιούνται για περιορισμένης έκτασης μετρήσεις, κυρίως για την παραλαβή του έργου. Λόγω του συγκεκριμένου μήκους των, το μήκος κύματος των ανωμαλιών που μπορούν να καταγράψουν δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερο από τα 3 m συνήθως.

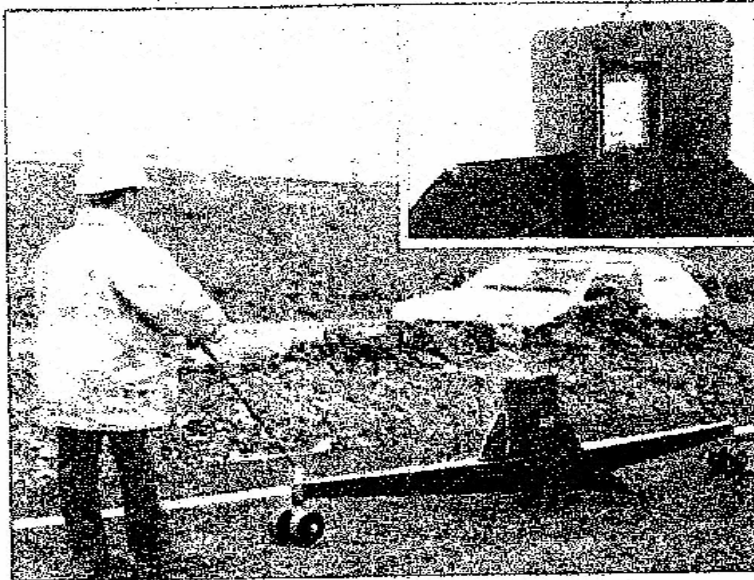
Η κυλιόμενη δοκός TRRL, *φωτογραφία 2.6*, χρησιμοποιείται σήμερα στην Αγγλία για τον έλεγχο της επιπεδότητας της επιφάνειας αμέσως μετά την κατασκευή. Κατά τις Βρετανικές προδιαγραφές καθορίζεται ο μέγιστος επιτρεπτός αριθμός εμφάνισης ανωμαλιών (βυθίσεις ή ανυψώσεις) μεγέθους 4mm και 7mm, αναλόγως της κατηγορίας και της θέσης της οδού. Οι απαιτήσεις των προδιαγραφών αυτών δίνονται στον *πίνακα 2.6*.

	Επιφάνεια οδοστρωμάτων αυτοκινητόδρομων, λοιπού δικτύου και καλυμμένων ερεισμάτων				Επιφάνεια άλλων οδών και επιφάνεια ασφαλτικών βάσεων			
	400mm	7mm	400mm	7mm	4mm	7mm	4mm	7mm
Ανωμαλίες τάξεως	400mm	7mm	400mm	7mm	4mm	7mm	4mm	7mm
Σε μήκος	300	75	300	75	300	75	300	75
Κατηγορία Α	20	9	2	1	40	18	4	2
Κατηγορία Β	40	18	4	2	60	27	6	3

(α) κατηγορία οδών Α :οδοί όπου είναι να αναπτύσσονται υψηλές ταχύτητες

(β) κατηγορία οδών Β :όπου είναι δύσκολο να αναπτύσσονται ταχύτητες άνω των 80 χμ/ ώρα.

Πίνακας 2.6 Επιτρεπτός αριθμός εμφάνισης επιφανειακών ανωμαλιών σε νέες κατασκευές.



Φωτογραφία 2.6 Κυλιόμενη δοκός με τρεις τροχούς

β) Όργανα σχετικής μετατόπισης

Τα όργανα σχετικής μετατόπισης είναι τα περισσότερο κοινά όργανα συστηματικής μέτρησης της επιπεδότητας (ομαλότητας) της επιφάνειας, ικανά να μετρήσουν ταχύτητα μεγάλα μήκη οδών. Τα όργανα συνίστανται από ένα τρέιλερ το οποίο φέρει τον τροχό μέτρησης και τα δύο υδραυλικά αμορτισέρ, *φωτογραφία 2.7*. Κατά την εκτέλεση των μετρήσεων, οι κάθετες μετατοπίσεις του τροχού προς τα κάτω, με επίπεδο μεταφοράς το σασί του τρέιλερ, ολοκληρώνονται με ειδική μονάδα που είναι τοποθετημένη πάνω στο σασί. Ο Δείκτης Επιπεδότητας, (BI) , καθορίζεται από τον λόγο των ολοκληρωμένων μετατοπίσεων προς το μήκος που διανύθηκε. Η μονάδες που λαμβάνονται είναι συνήθως σε in / mile (1.58cm/km). Το ελάχιστο μήκος κύματος των ανωμαλιών που μπορούν να μετρηθούν περιορίζεται από το μήκος του τροχού μέτρησης.



Φωτογραφία 2.7 Bumb integrator

Η πρότυπη ταχύτητα μέτρησης είναι 32km/h. Εάν χρησιμοποιηθεί διαφορετική ταχύτητα αλλά εντός του εύρους των 20-65km/h, βρέθηκε ότι ισχύουν οι παρακάτω διορθωτικές εξισώσεις:

Για ανώμαλες επιφάνειες όπου η ταχύτητα μέτρησης είναι από 20-65km/h, ή για ομαλές επιφάνειες με ταχύτητα μέτρησης από 20-32km/h:

$$BI_{r32} = (V / 32)^{0.5} \times (BI_{rv} - 30) + 30 , \text{ (in/mile)}$$

Για ομαλές επιφάνειες με ταχύτητα μέτρησης από 33 –65 km/h :

$$BI_{r32} = (V / 32) \times (BI_{rv} - 30) + 30 , \text{ (in/mile)}$$

Όπου V = ταχύτητα μέτρησης (km/h)

BI_{rv} = δείκτης ομαλότητας στην ταχύτητα V (in/mile)

Για την αξιολόγηση των οδοστρωμάτων , η τιμή 200cm/km θεωρείται ως η μέγιστη επιτρεπτή για νέα οδοστρώματα, ενώ η τιμή από 280-300cm/km θεωρείται ως οριακή και θα πρέπει να προγραμματιστεί η αποκατάσταση της επιπεδότητας του οδοστρώματος.

γ) Όργανα δυναμικής αποτύπωσης προφίλ-προφιλόμετρα

Τα όργανα δυναμικής αποτύπωσης καταγράφουν το προφίλ της επιφάνειας του οδοστρώματος, αποτελούνται από πηγή και σύστημα καταγραφής ακτινών λέιζερ ή τροχό σε ειδικά κατασκευασμένο τρέιλερ και επεξεργαστή δεδομένων και είναι τοποθετημένα σε αυτοκινούμενο όχημα. Η διαφορά με τα όργανα σχετικής μετατόπισης είναι στον καθορισμό του οριζόντιου επιπέδου αναφοράς και στα αισθητήρια καταγραφής του προφίλ. Στην περίπτωση του τρέιλερ, το οριζόντιο επίπεδο καθορίζεται από οριζόντιο εκκρεμές και η καταγραφή του προφίλ γίνεται από τον τροχό που έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια. Στην περίπτωση που η καταγραφή του προφίλ γίνεται με ακτίνες λέιζερ, το οριζόντιο επίπεδο ορίζεται από ακτίνες λέιζερ και για την αποτύπωση του προφίλ δεν υπάρχει καμία επαφή με την επιφάνεια.

Τα όργανα που χρησιμοποιούν ακτίνες λέιζερ είναι η τελευταία εξέλιξη της τεχνολογίας και άρχισαν να αντικαθιστούν όλα τα προηγούμενα κατά τα τελευταία 5 περίπου χρόνια. Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα είναι το γεγονός ότι, λόγω του πολύ μικρού μήκους κύματος που χρησιμοποιούν, είναι σε θέση να μετρήσουν παράλληλα και εν κινήσει και τη μακρό- υφή της επιφάνειας ή ακόμη και τις ρηγματώσεις. Από τα όργανα που άρχισαν να χρησιμοποιούνται ευρέως σήμερα μπορούν να αναφερθούν το Βρετανικό ομαλόμετρο, High-Speed Road Monitor (HSRM) και το Αμερικανικό KJ. Law. Προφίλ επιφάνειας μπορεί επίσης να καταγράψει και το Σουηδικό Skiddometer BV-11.

δ) Βρετανικό ομαλόμετρο HSRM- Αξιολόγηση οδοστρώματος.

Το Βρετανικό ομαλόμετρο HSRM σχεδιάστηκε και χρησιμοποιείται πλέον στην Αγγλία σε μόνιμη βάση για την περιοδική αξιολόγηση των οδοστρωμάτων. Χρησιμοποιεί σειρά πηγών και αισθητήρων λέιζερ και μπορεί να εκτελεί μετρήσεις με ταχύτητες μέχρι και 95km/h, δίχως να παρενοχλεί την κυκλοφορία. Το όργανο σύρεται από όχημα εντός του οποίου είναι εγκαταστημένος ο Η/Υ για την καταγραφή και επεξεργασία των αποτελεσμάτων (φωτογραφία 2.8). Το HSRM καταγράφει ταυτόχρονα όχι μόνο το προφίλ του οδοστρώματος κατά τη διαμήκη διεύθυνση αλλά και την μακρό-υφή, το μέσο βάθος αυλάκωσης στη λωρίδα κυκλοφορίας, την ακτίνα στροφής καθώς και την εγκάρσια και τη διαμήκη κλίση του οδοστρώματος. Επίσης έχει τη δυνατότητα αυτόματης αναγνώρισης της εκάστοτε θέσης που βρίσκεται και να την καταγράψει και αυτή στο αρχείο των μετρήσεων.



Φωτογραφία 2.8 Όχημα HSRM

Αντιλαμβάνεται κανείς ότι το όργανο αυτό δίνει νέα διάσταση στην αξιολόγηση των οδοστρωμάτων . Περιοδικοί έλεγχοι των επιφανειών , κάθε ένα ή δύο χρόνια, μπορούν να γίνονται ταχύτατα, συλλέγοντας αξιόλογα, αξιόπιστα και αντικειμενικά στοιχεία για τον προγραμματισμό της επικείμενης επέμβασης . Το όργανο αυτό μαζί με το SCRIM είναι σήμερα στην Αγγλία τα όργανα πρώτης γραμμής για τη συστηματική , γρήγορη και αντικειμενική επισκόπηση όλου του οδικού δικτύου (όλο το οδικό δίκτυο επισκοπείται κάθε δύο χρόνια). Το HSRM δεν ήρθε να αντικαταστήσει τις επί τόπου αναλυτικές και χρονοβόρες μετρήσεις , αλλά να διευκολύνει και να μειώσει το χρόνο αξιολόγησης. Με τη γρήγορη επισκόπηση του δικτύου με το HSRM , εντοπίζονται τα σημεία που έχουν πρόβλημα και έτσι η επί τόπου έλεγχοι, όποιοι και να είναι αυτοί , γίνονται μόνο σε αυτά τα σημεία.

Μετρήσεις επιπεδότητας με HSRM

Με την μέτρηση των ανωμαλιών της επιφάνειας, από τις οποίες καθορίζεται το προφίλ του οδοστρώματος, προσδιορίζεται η άνεση κίνησης των εποχουμένων. Το επίπεδο άνεσης προσδιορίζεται από τη διακύμανση του πραγματικού προφίλ ως προς το προφίλ αναφοράς . Το προφίλ αναφοράς καθορίζεται από τον κινητό μέσο όρο των μετρήσεων που καθορίζουν το πραγματικό προφίλ, για συγκεκριμένο μήκος μέτρησης.

Η διακύμανση (S^2) υπολογίζεται από τον τύπο : $S^2 = \sum d^2 / (n-1)$

όπου:

d = η τιμή απόκλισης του πραγματικού προφίλ του οδοστρώματος από το προφίλ αναφοράς.

Ο κινητός μέσος όρος (K.M.) υπολογίζεται από τη σχέση: $(K.M.) = \sum x_j / N$

όπου:

x_j = οι τιμές που καθορίζουν το πραγματικό προφίλ του οδοστρώματος

N = ο αριθμός των μετρήσεων σε τμηματικό μήκος μέτρησης $L=3m$ ή $10m$ ή $30m$ ανάλογα.

Οι οριακές τιμές διακύμανσης που χαρακτηρίζουν το επίπεδο άνεσης και κατ' επέκταση την επιπεδότητα του οδοστρώματος , ανά κατηγορία οδού, δίνονται στον πίνακα 2.7 όπου οι κατηγορίες κατάστασης του οδοστρώματος 0,1,2 και 3 ορίζονται ως εξής :

Κατηγορία 0: Η επιφάνεια του οδοστρώματος δεν παρουσιάζει ουσιαστικές ανωμαλίες ή άλλες φθορές και το επίπεδο άνεσης των εποχουμένων είναι καλό.

Κατηγορία 1: Η επιφάνεια παρουσιάζει ορισμένες φθορές αλλά δεν είναι σοβαρές και δεν απαιτείται επέμβαση. Το επίπεδο άνεσης είναι αρκετά ικανοποιητικό .

Κατηγορία 2: Η επιφάνεια παρουσιάζει εκτεταμένες και σοβαρές φθορές και προειδοποιεί ότι σύντομα θα χρειαστεί επέμβαση (συντήρηση ή ακόμη και αποκατάσταση εάν και άλλες παράμετροι συνηγορούν προς αυτό). Το επίπεδο άνεσης αρχίζει να μην είναι ικανοποιητικό.

Κατηγορία 3: Η επιφάνεια του οδοστρώματος παρουσιάζει σοβαρότατες φθορές και απαιτείται άμεση επέμβαση (συντήρηση ή αποκατάσταση). Το επίπεδο άνεσης των εποχουμένων είναι πολύ κακό θα πρέπει να αναφερθεί ότι η κατάσταση αυτή του οδοστρώματος πρέπει να προλαμβάνεται όταν πρόκειται για αυτοκινητόδρομους ή κύριες οδικές αρτηρίες.

Κατηγορία οδού	Μεταβατική τιμή		Μεταβατική τιμή		Μεταβατική τιμή	
	Κατηγορία κατάστασης οδοστρ/τος		Κατηγορία κατάστασης οδοστρ/τος		Κατηγορία κατάστασης οδοστρ/τος	
	0	↓	1	↓	2	↓
Αυτοκιν/μοι 2 λωρίδες/ κατεύθυνση L=3m L=10m L=30m	Διακύμανση; 1,25		3,75		7,5	
	4		16		36	
	55		165		275	
Κύριες οδοί και οδοί με όριο 80km/h L=3m L=10m L=30m	Διακύμανση: 1,5		4,5		10,5	
	7		21		56	
	75		187,5		300	
Δευτερεύουσες οδοί με όριο 60km/h L=3m L=10m L=30m	Διακύμανση: 2,2		6,6		15,4	
	12		36		72	
	100		200		400	
Οδοί με όριο 50km/h L=3m L=10m L=30m	Διακύμανση: 2,5		7,5		17,5	
	15		45		90	
	120		240		480	

Πίνακας 2.7 Κριτήρια άνεσης εποχούμενων σε σχέση με την επιπεδότητα του οδοστρώματος, σύμφωνα με τις Βρετανικές προδιαγραφές.

Από τις μετρήσεις επιπεδότητας με το HSRM είναι δυνατόν να εκτιμηθεί και να προβλεφθεί η δοκιμή κατάστασης του οδοστρώματος. Αυτό επιτυγχάνεται με τη σύγκριση της μεταβολής της διακύμανσης μεταξύ δύο διαδοχικών μετρήσεων (κάθε δυο ή περισσότερα έτη). Τα κριτήρια της διακύμανσης για την εκτίμηση και πρόβλεψη της δοκιμής κατάστασης του οδοστρώματος δίνονται στον *πίνακα 2.8*.

Το παραπάνω είναι χρήσιμο διότι προγραμματίζεται καλύτερα ο χρόνος αναλυτικής διερεύνησης της δοκιμής κατάστασης του οδοστρώματος για την αποκατάσταση και ενίσχυση αυτού.

Πίνακας 2.8 Κριτήρια PCV για τμήματα των 20m.

Για όλες τις κατηγορίες οδών	Μεταβατική τιμή		Μεταβατική τιμή		Μεταβατική τιμή		
	Κατηγορία κατάστασης οδοστρ/τος	Κατηγορία κατάστασης οδοστρ/τος	Κατηγορία κατάστασης οδοστρ/τος	Κατηγορία κατάστασης οδοστρ/τος	Κατηγορία κατάστασης οδοστρ/τος	Κατηγορία κατάστασης οδοστρ/τος	
	0	↓	1	↓	2	↓	3
Εύκαμπτο οδόστρωμα Τιμή PCV	0.6		1.2		2.4		
Δύσκαμπτο οδόστρωμα Τιμή PCV	0.5		1.0		2.0		

*PCV= Μεταβολή διακύμανσης μεταξύ μετρήσεων (μετά από 2 χρόνια)

Μετρήσεις βάθους αυλάκωσης με HSRM

Οι μετρήσεις του βάθους αυλάκωσης δεν είναι άμεσα συγκρίσιμες με το βάθος αυλάκωσης που μετράται, συνήθως, με την τρίμετρη ευθεία δοκό. Και αυτό διότι το HSRM μετρά το μέσο βάθος αυλάκωσης στα ίχνη των δύο τροχών, ενώ από την τρίμετρη δοκό μετράται το βάθος αυλάκωσης σε ορισμένα σημεία (συνήθως τα σημεία με την μεγαλύτερη αυλάκωση) και από αυτά λαμβάνεται η μέση τιμή.

Οι οριακές τιμές του βάθους αυλάκωσης ανά κατηγορία κατάστασης οδοστρώματος, όπως επεξηγήθηκε παραπάνω, δίνονται στον *πίνακα 2.9*.

Για όλες τις κατηγορίες οδών	Μεταβατική τιμή		Μεταβατική τιμή		Μεταβατική τιμή		
	Κατηγορία κατάστασης οδοστρ/τος		Κατηγορία κατάστασης οδοστρ/τος		Κατηγορία κατάστασης οδοστρ/τος		
	0	↓	1	↓	2	↓	3
Βάθος αυλάκωση	(mm)	5		10		20	
Αλλαγή βάθους αυλάκωσης	(mm)	5		10		20	
Βάθος υφής	(mm)						
(α) Εύκαμπτα		1.0		0.5		-	
(β) Δύσκαμπτα		0.5		0.25		-	
Αλλαγή βάθους υφής	(mm)	0.1		0.2		0.5	

Πίνακας 2.9 Κριτήρια βάθους αυλάκωσης και υφής κατά τις Βρετανικές προδιαγραφές.

Στον πίνακα 2.9 δίνονται επίσης και οι οριακές τιμές του βάθους υφής. Για τις μετρήσεις ισχύει ότι αναφέρθηκε στην παράγραφο 2.1.6 (β). Επίσης στον ίδιο πίνακα δίνονται και οι αλλαγές στις μετρήσεις του βάθους αυλάκωσης και υφής, μετά από διάστημα κάποιων χρόνων, συνήθως 2 χρόνων.

2.1.9 Διεθνής Δείκτης Επιπεδότητας (IRI)

Με βάση τα παραπάνω είναι φανερό ότι η επιπεδότητα μπορεί να μετρηθεί με πλέον του ενός οργάνων, με αποτέλεσμα να καθίσταται αδύνατη η ενιαία έκφραση και σύγκριση των μετρήσεων επιπεδότητας σε διεθνές επίπεδο. Για το λόγο αυτό, από ερευνητική ομάδα της Παγκόσμιας Τράπεζας αναπτύχθηκε ο Διεθνής Δείκτης Επιπεδότητας γνωστός ως δείκτης IRI.

Ο δείκτης IRI καθορίστηκε μετά από μαθηματική προσομοίωση ενός τροχού με ελατήρια γνωστών μηχανικών χαρακτηριστικών με βάρος, το βάρος ενός τυπικού

επιβατικού οχήματος, ο οποίος κινείται πάνω σε επιφάνειες με διαφορετικό βαθμό ομαλότητας. Η ταχύτητα κίνησης θεωρήθηκε 80km/h.

Ο δείκτης IRI λαμβάνει τιμές από 0 έως 20 μονάδες. Το μηδέν αντιστοιχεί σε απολύτως επίπεδη επιφάνεια, αυξάνεται έως 6 για ανεκτή επιπεδότητα, έως 12 για πολύ κακή επιπεδότητα με το οδόστρωμα να έχει λακκούβες και μπαλώματα και τέλος λαμβάνει τη μέγιστη τιμή του, το 20, που αντιστοιχεί σε πολύ κακή επιπεδότητα μη ασφαλτοστρωμένων οδοστρωμάτων. Αναλυτικότερα το εύρος των τιμών δίνεται από το *σχήμα 2.9*. Η μονάδα μέτρησης του IRI ουσιαστικά είναι διαστατή αλλά πολλαπλασιάστηκε με 1000 για να αντιπροσωπεύει m/km ή mm/m.

Μετά από εκτεταμένη έρευνα (πείραμα Βραζιλίας), ο δείκτης IRI συσχετίστηκε με τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα όργανα μέτρησης επιπεδότητας.

.....Ορισμένες από τις εξισώσεις που εξήχθησαν είναι οι παρακάτω :

∅ Για τον καθορισμό του IRI από μετρήσεις με το *Βρετανικό Bump Integrator*:

$$IRI=0.0032 (BI_{r32})^{0.89} \quad (\text{m/km}) \text{ με απόκλιση } 0.31 (IRI)^{0.5}$$

όπου : BI_{r32} = ο συντελεστής BI με ταχύτητα μέτρησης 32km/h,(mm/km)

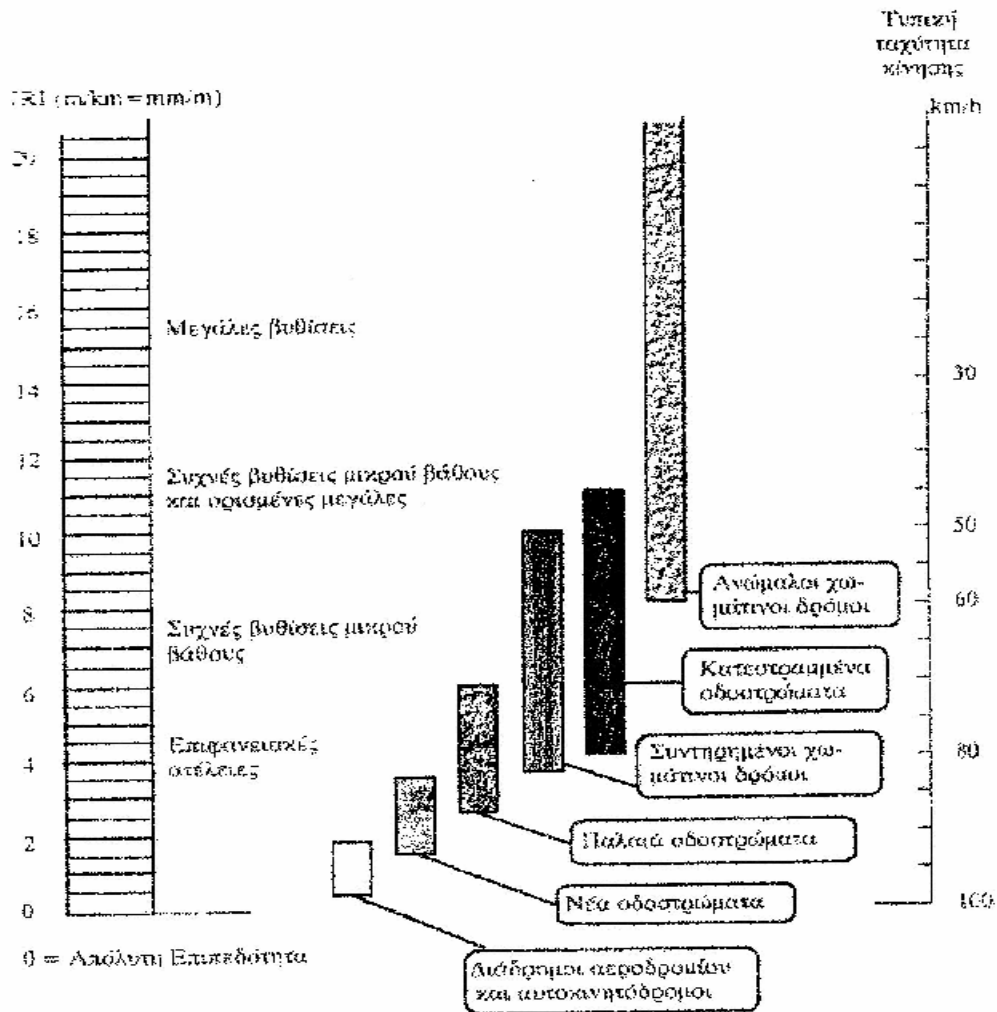
∅ Για τον καθορισμό του IRI από μετρήσεις με το *Γαλλικό προφιλόμετρο APL-71*:

$$IRI=CP_{2.5} \quad (\text{m/km}) \text{ με απόκλιση } 0.27(IRI)^{0.5}$$

όπου : $CP_{2.5}$ = συντελεστής CP σε μήκος αναφοράς 2.5m, (0.01mm).

2.1.10 Πρόβλεψη εξέλιξης επιπεδότητας

Από την ίδια έρευνα καθορίστηκαν και μαθηματικά μοντέλα πρόβλεψης της εξέλιξης της επιπεδότητας ενός οδοστρώματος, συναρτήσεϊ του δείκτη IRI και γνωστών παραμέτρων όπως ισοδύναμων αξόνων, δομικού αριθμού οδοστρώματος ή βύθισης ράβδου Benkelman.



Σχήμα 2.9 Αναλυτική κλίμακα τιμών IRI

Η δυνατότητα αυτή είναι πολύ χρήσιμη στην ανάπτυξη προγραμμάτων διαχείρισης οδοστρωμάτων. Το μοντέλο πρόβλεψης που έδωσε την καλύτερη στατιστική ανάλυση είναι αυτό που δίνεται στην εξίσωση . Μοντέλο πρόβλεψης IRI συναρτήσει του τροποποιημένου δομικού αριθμού οδοστρώματος:

$$IRI(t) = [IRI_0 + 725(I + SNC)^{-4.99NE4} (t)] e^{0.0153t}$$

όπου : IRI(t) = επιπεδότητα στο χρόνο t σε μονάδες m/km IRI

IRI₀ = επιπεδότητα στο χρόνο t=0 σε μονάδες m/km IRI

SNC = τροποποιημένος δομικός αριθμός οδοστρώματος

NE4(t) = ο συνολικός αριθμός διελεύσεως ΠΑ μέχρι το χρόνο t. Σε εκατομμύρια ΙΤΑ / λωρίδα μελέτης.

T = ηλικία του οδοστρώματος από κατασκευής ή μετά από ασφαλική επίστρωση έως το χρόνο πρόβλεψης

Το SNC υπολογίζεται από τη σχέση: $SNC = 0.04 \sum a_j h_j + SN_{sg}$

όπου: a_j = δομικός συντελεστής της κάθε στρώσης

H_j = πάχος της στρώσης

SN_{sg} = συνεισφορά του εδάφους και υπολογίζεται από την παρακάτω

σχέση:

$$SN_{sg} = 3.51 \log CBR - 0.85 (\log CBR)^2 - 1.43$$

Το CBR μετράται επί του έργου.

Η επιπεδότητα μπορεί επίσης να προβλεφθεί και από την παρακάτω εξίσωση:

$$IRI(t) = [IRI_0 + 0.0129 DEF^{0.883} NE^4(t)] e^{0.0196t}$$

όπου: DEF= βύθιση από μετρήσεις με τη δοκό Benkelman.

2.1.11 Φωτογραφική αποτύπωση κατάστασης οδοστρώματος

Η κατάσταση της επιφάνειας του οδοστρώματος μπορεί επίσης να καταγραφεί με φωτογραφική αποτύπωση της επιφάνειας. Η φωτογραφική αποτύπωση γίνεται με ειδικές κάμερες ή ειδικές φωτογραφικές μηχανές και συσκευές λέιζερ που είναι προσαρτημένες πάνω σε τροποποιημένα ημιφορτηγά οχήματα. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται γρήγορη και αντικειμενική αποτύπωση της κατάστασης της επιφάνειας του οδοστρώματος σε όλο το μήκος αξιολόγησης και παράλληλα μέτρησης του μεγέθους ορισμένων φθορών, όπως ρωγμών (μήκος, πλάτος αλλά και βάθος) και παραμορφώσεων (βάθος αυλάκωσης), και άλλων χρήσιμων παραμέτρων, όπως κλίσεων, αποτύπωση του προφίλ και της υψής του οδοστρώματος. Θα μπορούσε να ειπωθεί ότι τα μηχανήματα αυτά είναι η φυσική μετεξέλιξη των οργάνων καταγραφής της επιπεδότητας και της υψής της επιφάνειας με λέιζερ. Δηλαδή έχουν προστεθεί ειδικές κάμερες που φωτογραφίζουν ταυτόχρονα την επιφάνεια του οδοστρώματος.

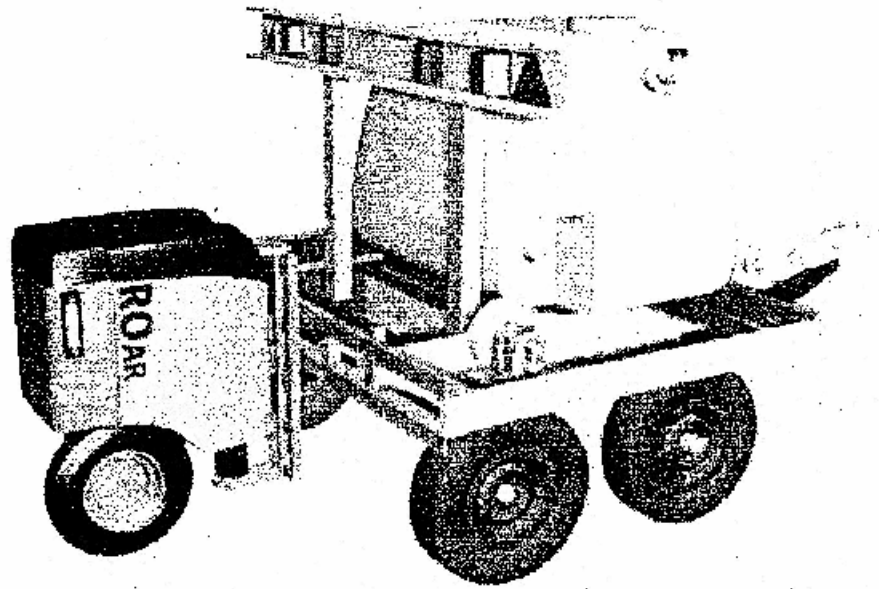
Η αξιολόγηση της κατάστασης του οδοστρώματος από το μεγάλο όγκο δεδομένων που συλλέγονται γίνεται στο γραφείο από εξειδικευμένο και έμπειρο προσωπικό. Τα τελευταία χρόνια γίνονται προσπάθειες αυτόματης αξιολόγησης χρησιμοποιώντας την μέθοδο ηλεκτρονικής επεξεργασίας εικόνων (image processing) και την μέθοδο αναγνώρισης οχημάτων(pattern recognition).

Με τον πρώτο τρόπο αξιολόγησης μπορεί να ελεγχθεί ανά πάσα στιγμή η αντικειμενικότητα της αξιολόγησης της κατάστασης του οδοστρώματος τη δεδομένη χρονική στιγμή. Επίσης δεν απαιτείται μεγάλος αριθμός ειδικών και έμπειρων μηχανικών δεδομένου ότι η συλλογή των δεδομένων γίνεται αυτόματα. Η επεξεργασία όμως και η πλήρης αξιοποίηση του τεράστιου όγκου των δεδομένων που συλλέγονται είναι αρκετά χρονοβόρα. Το μειονέκτημα αυτό έρχεται να επιλύσει η αυτοματοποίηση της αξιολόγησης των δεδομένων ή γενικότερα της αυτοματοποιημένης επισκόπησης του οδοστρώματος. Η διαδικασία αυτοματοποιημένης επισκόπησης περιλαμβάνει τρία βασικά στάδια, εξαιρουμένου του σταδίου συλλογής των εικόνων. Τα στάδια αυτά είναι: η ψηφιοποίηση, η προεπεξεργασία και η ερμηνεία. Το βασικότερο ίσως όλων είναι το στάδιο της ερμηνείας.

Τα περισσότερα γνωστά μηχανήματα που αναπτύχθηκαν και χρησιμοποιούνται σήμερα για την αποτύπωση (φωτογραφική, με λέιζερ ή και με υπέρηχους) της κατάστασης του οδοστρώματος είναι το Komatsu(Ιαπωνία), Pasco Roadrecon(Ιαπωνία), ARAN(Καναδάς), GERPHO(Γαλλία), PCES(ΗΠΑ), Berkshire C.C- Inventory Survey Vehicle(Αγγλία). Η αξιολόγηση των στοιχείων που συλλέγονται από τα παραπάνω μηχανήματα σε όλες τις περιπτώσεις γίνεται, ακόμη και σήμερα, από ειδικευμένο και έμπειρο προσωπικό και όχι από πλήρως αυτοματοποιημένα συστήματα.

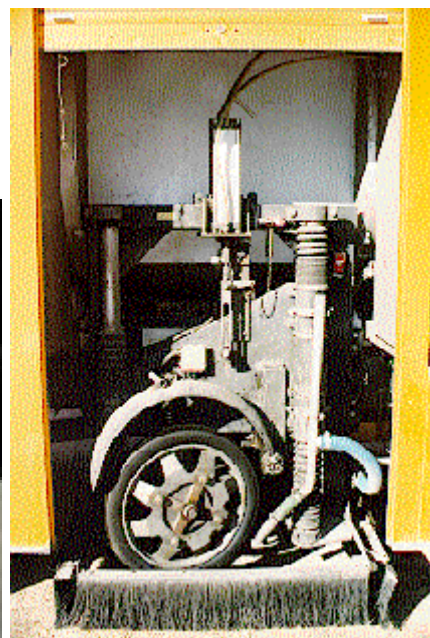
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 1^η Ελκούμενο ολισθηρόμετρο

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 2^η Όχημα SCRIM



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 3^η Όχημα μέτρησης βάθους υφής με λέιζερ (PFT)



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 4^η Όχημα ASTM Skid trailer



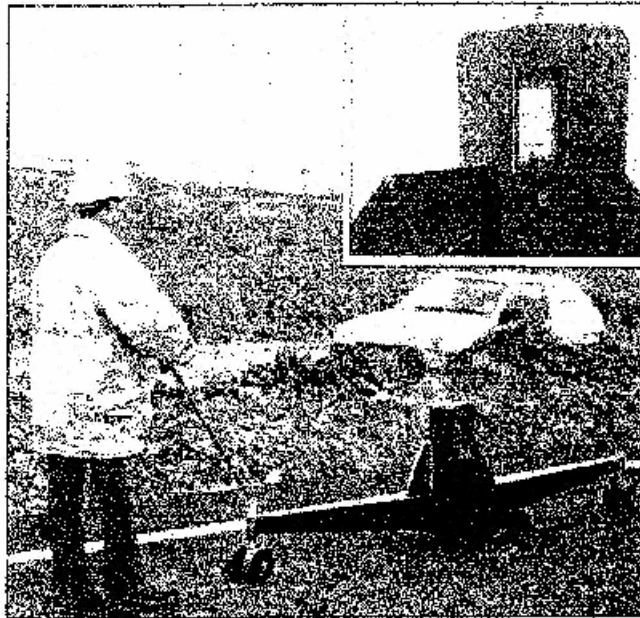
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 5^η Βρετανικό εκκρεμές



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 6^η Εκτέλεση μετρήσεων με συσκευή τύπου εκκρεμές



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 7^η Κυλιόμενη δοκός με 3 τροχούς



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 8^η Bump Integrator



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 9^η Όχημα HSRM



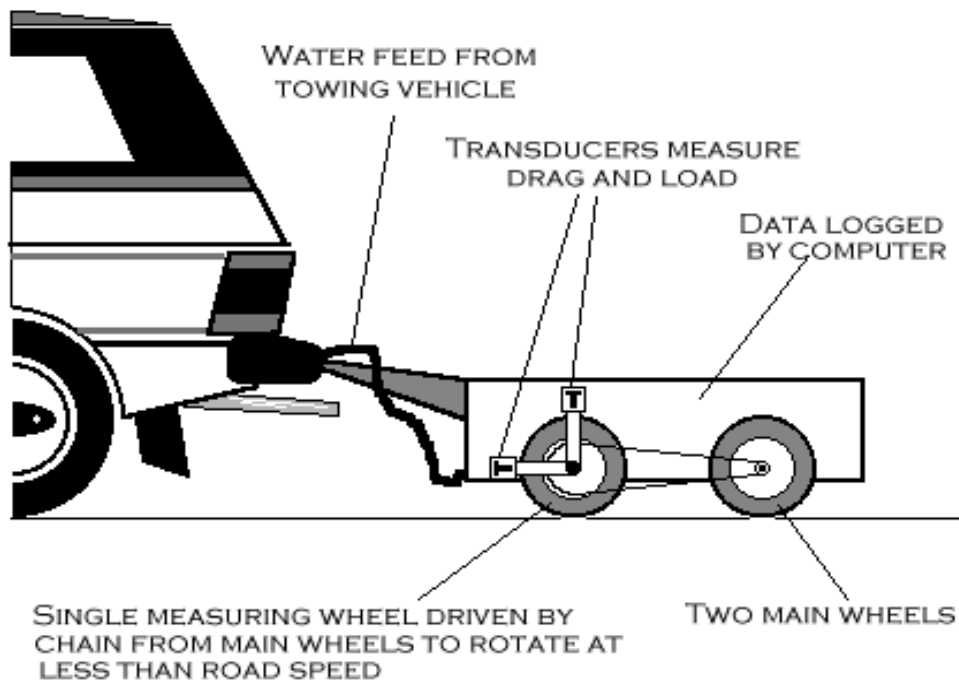
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 10^η Όχημα GRIPTESTER



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 11^η GRIPTESTER



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 12^η Σχηματική διάταξη του GRIPTESTER



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 13^η Εξοπλισμός του GRIPTESTER



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 14^η Μέθοδος της κηλίδας της άμμου



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ
ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΡΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ
ΣΚΛΗΡΑ ΑΔΡΑΝΗ – ΔΟΚΙΜΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑΣ
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

3.ΕΚΤΕΛΕΣΘΕΙΣΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

3.1 Μετρήσεις Συντελεστού Αντιστάσεως στην Ολίσθηση

Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκε, η συσκευή τύπου εκκρεμούς (PENDULUM) η επινοημένη υπό του TRANSPORT AND ROAD RESEARCH LABARATORY (TRRL) της Αγγλίας.

Η συσκευή αυτή είναι η πλέον επιτυχημένη του είδους της, χρησιμοποιείται δε σε πολλά εργαστήρια ανά τον κόσμο. Ο τρόπος χρησιμοποίησεως της συσκευής αυτής περιγράφεται λεπτομερώς στο "ROAD NOTE 27" του ROAD RESEARCH LABARATORY, ακολουθήθηκε δε σχολαστικά κατά την εκτέλεση των μετρήσεων.

Τα λαμβανόμενα από το PENDULUM αποτελέσματα αντιστοιχούν στην ταχύτητα 50 χλμ/ώρα και στα ελαστικά επίσωτρα τα οποία φέρουν ραβδώσεις (τακούνια) ικανοποιητικού βάθους, για την απομάκρυνση του νερού.

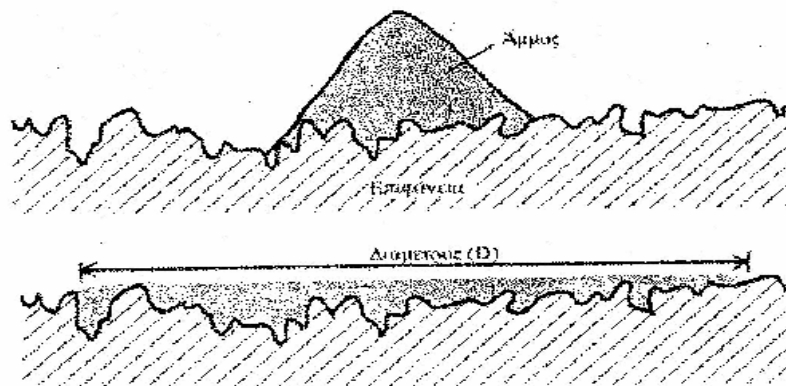
3.2 Μετρήσεις Επιφανειακής Υφής

Η ομάδα εργασίας κατέβαλε επίσης προσπάθεια για την μέτρηση του μεγέθους της "επιφανειακής υφής" (SURFACE TEXTURE), διότι αυτή ασκεί σημαντική επίδραση στη μεταβολή του συντελεστή αντιστάσεως στην ολίσθηση στις μεγάλες ταχύτητες (άνω των 50 χλμ/ώρα).

Σχήμα1

ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ "ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΥΦΗΣ" ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΑΜΜΟΥ

1. Γνωστός όγκος λεπτής μονοκόκκου άμμου χύνεται στην οδό.



2. Η άμμος απλώνεται κυκλικά ώστε να πληρωθούν οι κοιλότητες.

3. “Επιφανειακή Υφή” = όγκος χρησ. Άμμου / καλυφθείσα επιφάνεια

Η “επιφανειακή υφή” μετρήθηκε με τη μέθοδο της “κηλίδας της άμμου” (SAND PATCH TEST), κατά την οποία το βάθος της επιφανειακής υφής εκφράζεται σε mm. Αναλόγως της τιμής του h εκφραζόμενου σε mm, οι επιφάνειες των οδών κατατάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

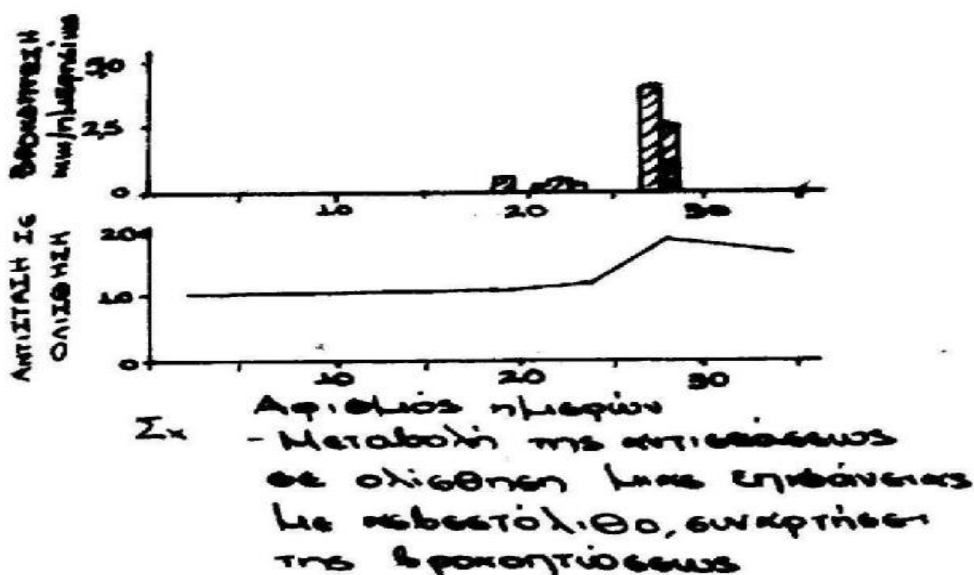
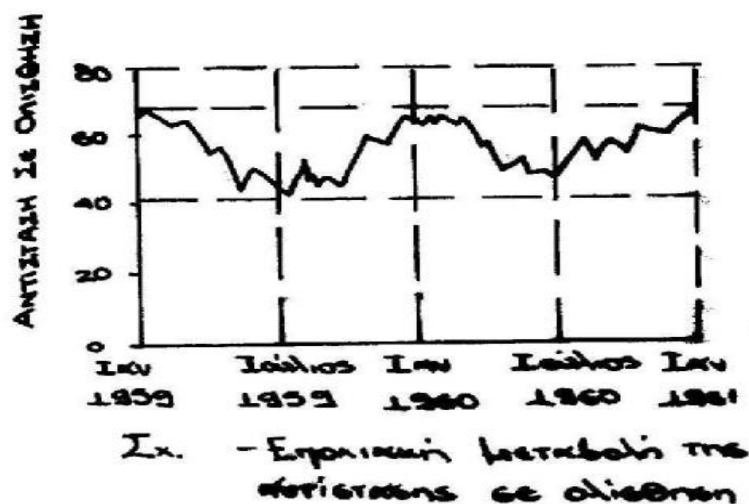
ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Κατάταξη επιφανειακών οδών βάση της επιφανειακής τους υφής, μετρημένης με τη μέθοδο της άμμου.

Κατάταξη οδού	h σε mm	Χαρακτηρισμός επιφάνειας	Παρατηρήσεις
Κατηγορία Α	$h < 0.2$	“εξαιρετικά λείας υφής”	Χρησιμοποιούνται ανακατασκευής
Κατηγορία Β	$0.2 < h < 0.4$	“λείας υφής”	Επιτρέπονται ταχύτητες μέχρι 80 χλμ/ώρα
Κατηγορία Γ	$0.4 < h < 0.8$	“μέσης υφής”	Επιτρέπονται ταχύτητες μέχρι 120 χλμ/ώρα
Κατηγορία Δ	$0.8 < h < 1.2$	“τραχείας υφής”	Επιτρέπονται ταχύτητες άνω των 180 χλμ/ώρα
Κατηγορία Ε	$h > 1.2$	“λίαν τραχείας υφής”	Χρησιμοποιούνται σε ειδικές περιπτώσεις

3.3 Εποχική Επίδραση επί των Μετρήσεων

3.3.1 Κατά την προσπάθεια ερμηνείας των παραπάνω αποτελεσμάτων και για την διεξαγωγή συμπερασμάτων, λαμβάνοντας υπόψη τον συντελεστή αντιστάσεως σε ολίσθηση, που οφείλονται τόσο σε εποχικούς λόγους όσο και στις επικρατούσες καιρικές συνθήκες (καλοκαίρια, περίοδος βροχών κ.λ.π.). Αυτά είναι πολύ σημαντικά όπως φαίνεται και στα παρακάτω διαγράμματα (σχήματα 2 και 3).



3.3.2 Από τα διαγράμματα αυτά είναι προφανές ότι κατά τον χειμώνα ο συντελεστής αντιστάσεως σε ολίσθηση μιας επιφάνειας, διαφέρει σημαντικά του αντίστοιχου του καλοκαιριού και η απόκλιση αυτά μπορεί να φτάσει το 20%.

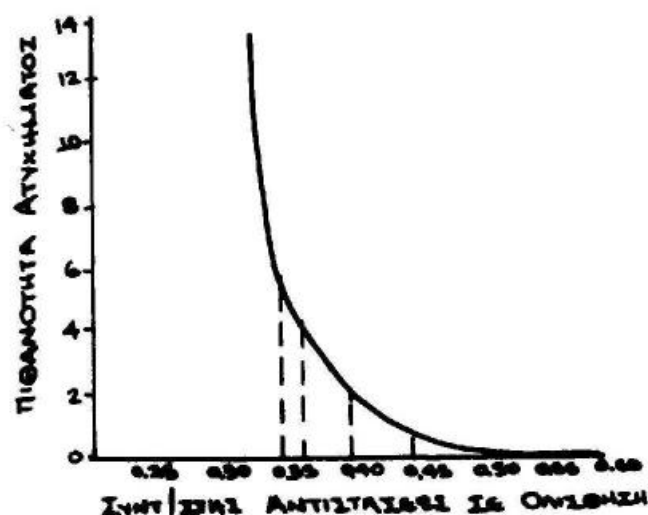
Οι παραπάνω αναφερόμενες μετρήσεις έγιναν την περίοδο Δεκεμβρίου-Μαρτίου, συνεπώς οι τιμές αυτές είναι ανώτερες του μέσου όρου αυτών. Στην τελευταία στήλη του πίνακα έχουν υπολογισθεί οι τιμές μειωμένες κατά 10% αυτών που έχουν μετρηθεί, διότι κατά τη γνώμη μας, αυτές είναι πλησιέστερες στην πραγματικότητα.

3.4 Σχέσεις μεταξύ του Συντελεστή Αντιστάσεως σε Ολίσθηση και πιθανότητας να συμβεί ένα ατύχημα λόγω ολισθήσεως.

3.4.1 Το μέγεθος του συντελεστή αντιστάσεως σε ολίσθηση συνδέεται άμεσα με τον κίνδυνο ατυχήματος από ολίσθηση. Η σχέση αυτή, που φαίνεται στο *σχήμα 4*, αφ' ενός μεν μπορεί να καθορίσει τις ελάχιστες τιμές που απαιτούνται για το συντελεστή αντιστάσεως σε ολίσθηση, ανά κατηγορία οδού, αφ' ετέρου δε μπορεί να αποδείξει ότι η μείωση του συντελεστή αντιστάσεως σε ολίσθηση κάτω από ένα όριο, καθιστά το οδόστρωμα πολύ επικίνδυνο λόγω ολισθηρότητας.

Ο καθορισμός της ελάχιστης απαιτούμενης τιμής για τον συντελεστή μ , αποτελεί αντικείμενο εκτεταμένων μελετών από τα διάφορα Υπηρεσιακά και Ερευνητικά Εργαστήρια ανά τον κόσμο. Το πρόβλημα παρουσιάζει σοβαρές δυσχέρειες, γιατί από την αρχή φαίνεται ιδεώδες να καθορισθούν υψηλοί συντελεστές που θα μείωναν στο ελάχιστο την πιθανότητα να συμβεί ένα ατύχημα, αυτό όμως στην πράξη δεν είναι οικονομικώς εφικτό.

Σχήμα 4



Οπωσδήποτε σήμερα σε πολλές χώρες έχουν διατυπωθεί προτάσεις για τα όρια των ελαχίστων απαιτούμενων τιμών συντελεστών αντιστάσεως σε ολίσθηση, τα οποία φαίνονται στον πίνακα 2:

Προτεινόμενες ελάχιστες τιμές αντιστάσεως σε ολίσθηση:

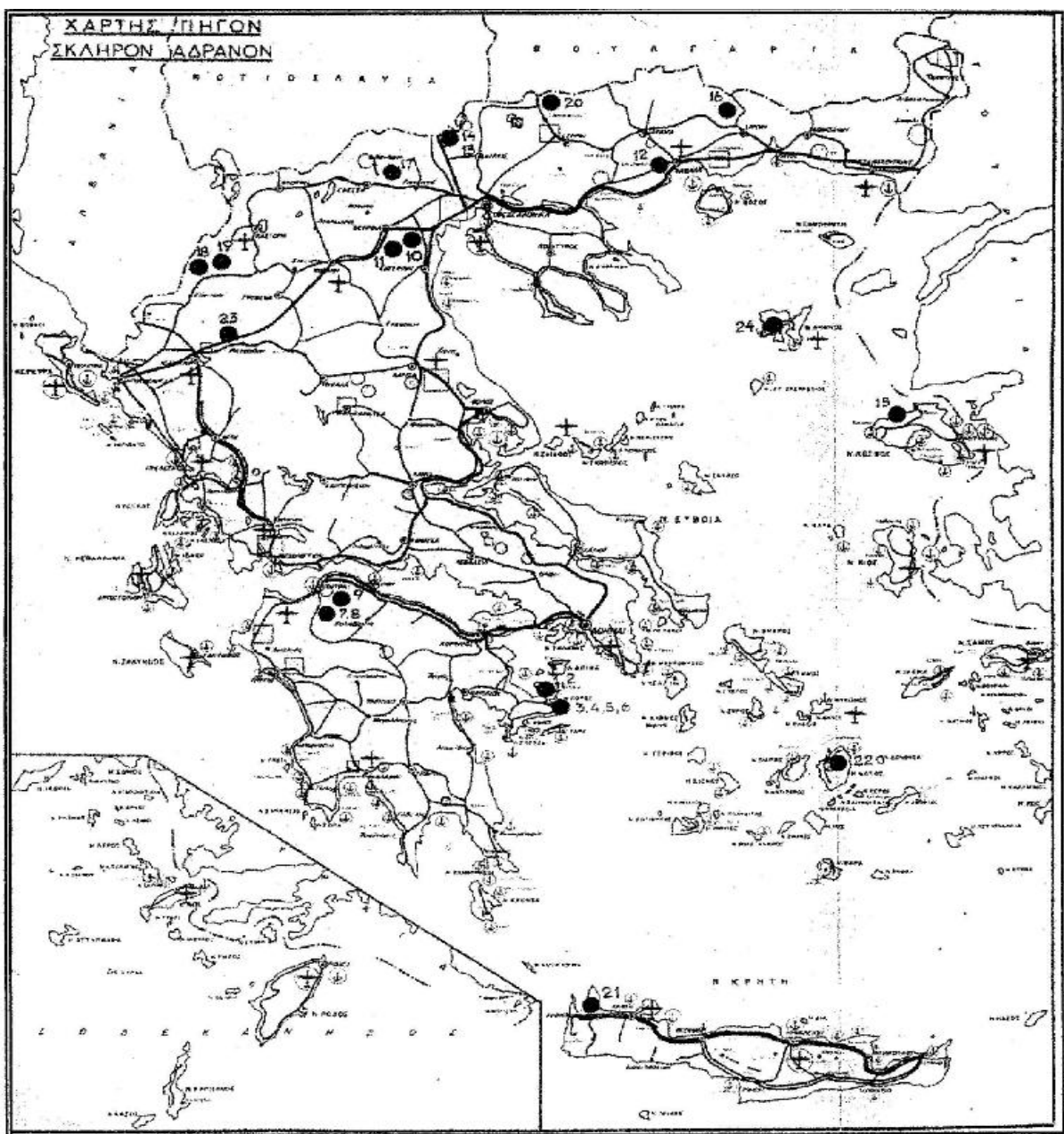
Χώρα	Αγγλία:μετρήσεις με το φορητό εκκρεμές RRL(pentulum)		Γαλλία:μετρήσεις με το εκκρεμές Leroux	
Κατηγορία οδού	Χαρακτηρισμός θέσεως επί της οδού	Ελάχιστη τιμή του μ	Ελάχιστη τιμή του μ	Χαρακτηρισμός επιφάνειας
A	Δύσκολες θέσεις ως: 1.Κυκλικοί κόμβοι 2.Καμπύλες με ακτίνα<50m επί υπεραστικών οδών 3.Τμήματα με κλίση >5% 4.Προσεγγίσεις σε φωτεινούς σηματοδότες επί υπεραστικών οδών	>65	>75	Αρκετά ικανοποιητική
B	5.Αυτοκινητόδρομοι γενικά και αστικοί οδοί βαριάς κυκλοφορίας(άνω των 2000 οχημάτων ημερησίως)	>55	>65	Ικανοποιητική
Γ	Υπόλοιπες θέσεις	>45	>55	Ικανοποιητική μόνο υπό ορισμένες ευνοϊκές προϋποθέσεις
Δ		<45	<55	Κακή, σοβαρός κίνδυνος ολισθήσεως

Σημείωση: για τις κατηγορίες Α και Β όπου οι αναπτυσσόμενες ταχύτητες υπερβαίνουν τα 95 χλμ/ώρα απαιτείται επιπρόσθετα , όπως η “επιφανειακή υφή” είναι >0.65 mm.

3.5 Έρευνα πηγών σκληρών αδρανών υλικών.

3.5.1 Στον πίνακα 3 φαίνονται οι εντοπισμένες κυριότερες πηγές σκληρών αδρανών σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας και τα χαρακτηριστικά αυτών (Low Angeles, Συντελεστής Λειάνσεως και ο χαρακτηρισμός του πετρώματος).

3.5.2 Στον χάρτη σημειώνονται οι παραπάνω πηγές σκληρών αδρανών υλικών.



3.5.3 ΠΡΟΤΥΠΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ (ΥΓΕΙΑΣ) ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΘΕΙΙΚΟΥ ΝΑΤΡΙΟΥ Ή ΘΕΙΙΚΟΥ ΜΑΓΝΗΣΙΟΥ (Α.Α.Σ.Η.Ο. : Τ 104-65)

1. Σκοπός:

Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει τον ακόλουθο τρόπο εργασίας στην δοκιμή των αδρανών υλικών για τον προσδιορισμό της ανθεκτικότητας αυτών στην αποσάθρωση με κορεσμένα διαλύματα θειικού νατρίου ή θειικού μαγνησίου. Αυτή παρέχει χρήσιμα στοιχεία για την εκτίμηση της υγείας των αδρανών υλικών των υποκείμενων στην επίδραση των καιρικών συνθηκών, κυρίως όταν δεν είναι επαρκείς οι πληροφορίες από τις υπηρεσίες για την συμπεριφορά του υλικού όταν εκτίθεται σε πραγματικές καιρικές συνθήκες. Υφίσταται η προσοχή στο γεγονός ότι τα αποτελέσματα των δοκιμών με τη χρησιμοποίηση του ενός ή του άλλου των θείων αλάτων διαφέρουν σημαντικά και πλέον να λαμβάνεται πρόνοια με τον καθορισμό των κατάλληλων ορίων σε οποιαδήποτε από τις προδιαγραφές που περιλαμβάνουν απαιτήσεις με τις δοκιμές αυτές.

2.Εργαστηριακός εξοπλισμός:

2.1. Ο εργαστηριακός εξοπλισμός *συνίσταται* από τα παρακάτω ακόλουθα:

2.1.1 Κόσκινα με τετραγωνικές οπές με τα ακόλουθα μεγέθη, σύμφωνα με την πρότυπη προδιαγραφή των εργαστηριακών κόσκινων των δοκιμών (Α.Α.Σ.Η.Ο.Μ. 92), για το κοσκίνισμα των δειγμάτων σύμφωνα με τις παραγράφους 4 και 5 :

α)Σειρά από λεπτά κόσκινα:

No 100 (149-m)
No 50 (297-m)
No 30 (595-m)
No 16 (1,19-mm)
No 8 (2,38-mm)
No 5 (4,00-mm)
No 4 (4,76-mm)

β)Σειρά από χονδρά κόσκινα:

5/16 in
3/8 in
1/2 in
5/8 in
3/4 in
1 in
1 ¼ in
1 ½ in
2 in
2 ½ in

2.1.2 Οι υποδοχείς για την εμφάνιση των δειγμάτων των αδρανών υλικών εντός του διαλύματος, σύμφωνα με την περιγραφόμενη διαδικασία για την μέθοδο αυτή, επιπλέον να είναι κατασκευασμένη από υλικά μη προσβαλλόμενα από το χρησιμοποιούμενο θειικό διάλυμα. Ο όγκος του διαλύματος μέσα στα οποία εμφαπίζονται, τα δείγματα, επιπλέον πρέπει να είναι τουλάχιστον πενταπλάσιος από τον όγκο του εκάστοτε εμφαπτιζομένου δείγματος.

Σημείωση 1:Κατασκευασμένα καλάθια από συρμάτινα πλέγματα, κατάλληλων βροχίδων ή κόσκινα κατάλληλων οπών, είναι ικανοποιητικοί υποδοχείς δειγμάτων. Δοχεία ή άλλοι υποδοχείς χωρίς οπές μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

2.1.3 Επιπλέον να παρέχονται τα κατάλληλα μέσα για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας των δειγμάτων κατά τη διάρκεια της εμφάνισης αυτών εντός του διαλύματος του θειικού νατρίου ή θειικού μαγνησίου.

2.1.4 Κατά τη ζύγιση του λεπτόκοκκου αδρανούς επιπλέον να χρησιμοποιείται ζυγός με ικανότητα όχι μικρότερη των 500 gr και με ευαισθησία τουλάχιστον 0.1 gr. Κατά τη ζύγιση του χονδροκόκκου αδρανούς ,επιπλέον να χρησιμοποιείται ζυγός όχι μικρότερος των 5000 gr και με ευαισθησία τουλάχιστον 1gr.

2.1.4 Ο κλίβανος επιπλέον πρέπει να έχει την ικανότητα να διατηρεί τη θερμοκρασία συνεχώς μεταξύ 105 και 110 βαθμούς Κελσίου (221 και 230 βαθμούς) και η ταχύτητα εξάτμισης θα πρέπει να είναι κατά μέσο όρο τουλάχιστον 25 γραμμάρια ανά ώρα. Η ταχύτητα αυτή προσδιορίζεται με την απώλεια ύδατος σε μικρού ύψους δοχείου Griffin του ενός λίτρου, καθένα από αυτά περιέχονται αρχικά σε 500 γραμμάρια ύδατος, θερμοκρασίας από 21-2 βαθμούς Κελσίου (70-3),τοποθετούμενο σε κάθε γωνία και το κέντρο κάθε ραφιού του κλίβανου και θερμαινόμενο τουλάχιστον επί 4 ώρες. Κατά τη διάρκεια της περιόδου αυτής θα πρέπει η θύρα του κλιβάνου να είναι κλειστή.

3.Απαιτούμενα ειδικά διαλύματα:

3.1. Διάλυμα θειικού νατρίου.

Προπαρασκευάζεται κεκορεσμένο διάλυμα θειικού νατρίου με τη διάλυση μέσα στο νερό χημικά καθαρό, (κατά την Y.S.P.) ή αλάτι ισοδύναμης μορφής σε θερμοκρασία

25-30 βαθμούς Κελσίου. Προστίθεται επαρκής ποσότητα άλατος (σημείωση 2), είτε σε άνυδρο, είτε σε κρυσταλλική μορφή προς την εξασφάλιση όχι μόνο του κορεσμού, αλλά και της παρουσίας περίσσειας κρυστάλλων, όταν το διάλυμα είναι έτοιμο προς τη χρησιμοποίηση της δοκιμής. Το μείγμα πρέπει να αναδεύεται καλά κατά τη διάρκεια της προσθήκης του άλατος και το διάλυμα πρέπει να αναδεύεται κατά συχνά χρονικά διαστήματα μέχρι τη χρησιμοποίηση του. Το διάλυμα πρέπει να ψυχθεί μέχρι τη θερμοκρασία των 21-1 βαθμοί Κελσίου και να διατηρείται στην θερμοκρασία αυτή τουλάχιστον επί 48 ώρες μέχρι τη χρησιμοποίηση του. Για κάθε χρήση αυτού, το ίζημα που βρίσκεται στο δοχείο υπό την μορφή πλακούντος του άλατος εάν υφίσταται, θραύεται τελείως, αναδεύεται το διάλυμα καλά και προσδιορίζεται το ειδικό βάρος του διαλύματος. Κατά τη χρησιμοποίηση του, το διάλυμα πρέπει να έχει ειδικό βάρος όχι μικρότερο του 1.151 και όχι μεγαλύτερο του 1.174. Το τυχόν ακάθαρτο διάλυμα πρέπει να απορρίπτεται ή να διηθείται και να ελέγχεται ως προς το ειδικό βάρος του.

Σημείωση 2: Για την παρασκευή του διαλύματος επαρκούν 215 gr άνυδρου άλατος ή 700gr κρυσταλλικού με συνοδεία 10 μόρια ύδατος, για τον κορεσμό αυτών σε θερμοκρασία 22 βαθμούς Κελσίου. Δεδομένο ότι τα άλατα αυτά δεν είναι τελείως σταθερά και επειδή επιδιώκεται η εν των διαλυμάτων παρουσία περίσσειας κρυστάλλων, συνίσταται η χρησιμοποίηση 350gr άνυδρου άλατος ή 700gr κρυσταλλικού με συνοδεία 10 μόρια ύδατος από αλάτι (ανά λίτρο ύδατος).

3.2. Διάλυμα θειικού μαγνησίου.

Προπαρασκευάζεται κεκορεσμένο διάλυμα θειικού μαγνησίου με τη διάλυση μέσα στο νερό χημικά καθαρό, (κατά την Y.S.P.) ή αλάτι ισοδύναμης μορφής σε θερμοκρασία 25-30 βαθμούς Κελσίου. Προστίθεται επαρκής ποσότητα άλατος (σημείωση 3), είτε σε άνυδρο, είτε σε κρυσταλλική μορφή προς την εξασφάλιση όχι μόνο του κορεσμού, αλλά και της παρουσίας περίσσειας κρυστάλλων, όταν το διάλυμα είναι έτοιμο προς τη χρησιμοποίηση της δοκιμής. Το μείγμα πρέπει να αναδεύεται καλά κατά τη διάρκεια της προσθήκης του άλατος και το διάλυμα πρέπει να αναδεύεται κατά συχνά χρονικά διαστήματα μέχρι τη χρησιμοποίηση του. Το διάλυμα πρέπει να ψυχθεί μέχρι τη θερμοκρασία των 21-1 βαθμοί Κελσίου και να διατηρείται στην θερμοκρασία αυτή τουλάχιστον επί 48 ώρες μέχρι τη χρησιμοποίησή του. Για κάθε χρήση αυτού, το ίζημα που βρίσκεται στο δοχείο υπό την μορφή

πλακούντος του άλατος εάν υφίσταται, θραύεται τελείως, αναδεύεται το διάλυμα καλά και προσδιορίζεται το ειδικό βάρος του διαλύματος. Κατά τη χρησιμοποίησή του, το διάλυμα πρέπει να έχει ειδικό βάρος όχι μικρότερο του 1.295 και όχι μεγαλύτερο του 1.308. Το τυχόν ακάθαρτο διάλυμα πρέπει να απορρίπτεται ή να διηθείται και να ελέγχεται ως προς το ειδικό βάρος του.

Σημείωση 3: Για την παρασκευή του διαλύματος επαρκούν 350gr άνυδρου άλατος ή 230gr κρυσταλλικού με συνοδεία 7 μόρια ύδατος, για τον κορεσμό αυτών σε θερμοκρασία 23 βαθμούς Κελσίου. Δεδομένου ότι τα άλατα αυτά δεν είναι τελείως σταθερά και επειδή επιδιώκεται η εν των διαλυμάτων παρουσία περίσσειας κρυστάλλων, συνίσταται η χρησιμοποίηση 350 gr άνυδρου άλατος ή 230gr κρυσταλλικού με συνοδεία 7 μόρια και σε ποσότητα όχι μικρότερη των 1400gr ανά λίτρο ύδατος.

4.Δείγματα:

4.1. Λεπτόκοκκο αδρανές.

Το προς τη δοκιμή αδρανές πρέπει να διέρχεται από το κόσκινο 3/8in. Το δείγμα θα πρέπει να έχει τέτοια ποσότητα, ώστε να παρέχει όχι λιγότερο των 100gr υλικό για κάθε ένα από τα ακόλουθα μεγέθη, τα οποία βρίσκονται σε ποσότητα 5% ή πλέον, καθοριζόμενα από τα ακόλουθα κόσκινα:

Συγκρατούμενα στο κόσκινο	Διερχόμενα από το κόσκινο
No 50 (297-μ)	No 30 (590-μ)
No 30 (590-μ)	No 16 (1.19-mm)
No 16 (1.19-mm)	No 8 (2.38-mm)
No 8 (2.38-mm)	No 4 (4.76-mm)
No 4 (4.76-mm)	3/8 in

4.2. Χονδρόκοκκο αδρανές.

Το προς τη δοκιμή χονδρόκοκκο αδρανές πρέπει να διέρχεται από το κόσκινο 4 in. Το δείγμα θα πρέπει να έχει τέτοια ποσότητα, ώστε να παρέχει όχι μικρότερο από τα ακόλουθα μεγέθη, τα οποία βρίσκονται σε ποσότητα 5% ή πλέον, καθοριζόμενα από τα ακόλουθα κόσκινα:

Μέγεθος κόσκινων τετραγωνικής οπής	Ποσότητα
No 4-3/8 in	300gr
3/8-3/4 in	1000gr
Αποτελούμενα από:	
3/8-1/2 in	33%
1/2-3/4 in	67%
3/4-1 ½ in	1500gr
Αποτελούμενα από:	
3/4 – 1 in	33%
1- 1 ½ in	67%
1 ½-2 ½ in	3000gr
Αποτελούμενα από:	
1 ½ -2 in	50%
2-2 ½ in	50%
Μεγέθη μεγαλύτερα ανά 1 in εκατοστό κλάσμα	3000gr

4.3. Σε περίπτωση που τα δείγματα περιέχουν ποσοστά μικρότερα των 5% σε οποιοσδήποτε κλάσμα μεγέθους από τα καθοριζόμενα στις παραγράφους 1 και 2, το κλάσμα αυτό δεν εξετάζεται, αλλά προκειμένου να υπολογιστούν τα αποτελέσματα της δοκιμής θεωρείται ότι έχει κατά την δοκιμή, του θειικού νατρίου ή θειικού μαγνησίου φθορά ίση προς το μέσο όρο των φθορών του αμέσως μεγαλύτερου και του αμέσως μικρότερου μεγέθους, ή η έλλειψη ενός των μεγεθών αυτών, θεωρείται ότι έχει φθορά με το υπάρχον επόμενο μεγαλύτερο ή μικρότερο μέγεθος το οποίο υφίσταται. Όταν τα καθοριζόμενα από την παράγραφο 2 δείγματα δοκιμής 3/8-3/4, 3/4-1 ½ , 1 ½-2 ½ δεν μπορούν να παρασκευαστούν λόγω της έλλειψης ενός από τα δύο μεγέθη του αδρανούς των οριζόμενων για κάθε δείγμα δοκιμής, για την παρασκευή του προς δοκιμή δείγματος θα χρησιμοποιούνται τα υφιστάμενα μεγέθη.

5.Παρασκευή του προς δοκιμή δείγματος:

5.1. Λεπτόκοκκο αδρανές.

Το δείγμα του λεπτόκοκκου αδρανούς υλικού πλένεται καλά σε κόσκινο Νο (297μ), ξηραίνεται μέχρι σταθερού βάρους, σε θερμοκρασία 105-110 βαθμούς Κελσίου και διαχωρίζεται με κοσκίνιση σε διάφορα κλάσματα, όπως τα ακόλουθα:

Εκτελείται σε πρόχειρο διαχωρισμό του διαβαθμισμένου δείγματος μέσω της σειράς των πρότυπων κόσκινων των προδιαγραφών στην παράγραφο 4.1. Από τα κλάσματα που λαμβάνουμε κατά τον τρόπο αυτό, εκλέγονται δείγματα επαρκούς ποσότητας υλικού, ώστε να είναι δυνατή η λήψη ποσότητας 100 gr μέχρι την δυσκολία κοσκίνισης. Το λεπτόκοκκο αδρανές που προσκολλείται στις οπές των κόσκινων, δε πρέπει να χρησιμοποιείται στην προπαρασκευή των δειγμάτων. Μετά την τελική κοσκίνιση, ζυγίζονται ανά 100 gr υλικού για κάθε κλάσμα του δείγματος και τοποθετούνται σε ξεχωριστούς υποδοχείς για την δοκιμή.

5.2. Χονδρόκοκκο αδρανές.

Το δείγμα του χονδρόκοκκου αδρανούς υλικού πλένεται καλά σε κόσκινο Νο 50 (297μ), ξηραίνεται μέχρι σταθερού βάρους, σε θερμοκρασία 105-110 βαθμούς Κελσίου και διαχωρίζεται για κοσκίνιση σε διάφορα κλάσματα. Μετά την τελική κοσκίνιση, ζυγίζονται ανά 100gr υλικού για κάθε κλάσμα του δείγματος και τοποθετούνται σε ξεχωριστούς υποδοχείς για την δοκιμή. Επιπλέον πρέπει να μετράται ο αριθμός των χονδρόκοκκων κόκκων.

5.3. Κατά τη δοκιμή μεγάλων τεμαχίων πετρώματος, το δείγμα θα παρασκευάζεται με θραύση αυτών σε τεμάχια κατά το δυνατό ομοιόμορφο μέγεθος και σχήματος και βάρους περίπου 100gr. Το δείγμα δοκιμής πρέπει να ζυγίζει 5000gr -2%. Το δείγμα κατά τη δοκιμή πλένεται και ξηραίνεται όπως περιγράφεται στην παράγραφο 2.

6.Τρόπος εργασίας:

6.1. Τα δείγματα εμβαπτίζονται εντός του προπαρασκευασθέντος διαλύματος θειικού νατρίου ή θειικού μαγνησίου επί χρονικό διάστημα όχι μικρότερο των 16 ωρών και όχι μεγαλύτερο των 18 ωρών, κατά τέτοιο τρόπο , ώστε το διάλυμα να υπερκαλύπτει αυτά τουλάχιστον κατά 1.27 cm (1/2 in) (Σημείωση 4). Τα δοχεία καλύπτονται για την ελάττωση της εξατμίσεως και την προφύλαξη από τυχαία προσθήκη ξένων ουσιών. Τα δείγματα διατηρούνται εμβαπτισμένα εντός του

διαλύματος σε θερμοκρασία 27-1 βαθμούς Κελσίου καθ'όλη την περίοδο της εμβαπτίσεως

Σημείωση 4: Προκειμένου για ελαφρά αδρανή, τοποθετείται υπεράνω των δειγμάτων, εντός των υποδοχέων, συρμάτινη σχάρα κατάλληλου βάρους, για την επικάλυψη αυτής.

6.2. Μετά την παρέλευση της περιόδου εμβαπτίσεως, το δείγμα του αδρανούς υλικού εξάγεται από το διάλυμα, αφήνεται προς αποστράγγιση για περίπου 15 λεπτά και τοποθετείται μέσα στον κλίβανο ξηράσεως. Η θερμοκρασία του κλιβάνου πλέον να μην έχει ξηραθεί στους 105 με 110 βαθμούς Κελσίου. Το δείγμα ξηραίνεται μέχρι την επίτευξη σταθερού βάρους, ώστε να μην υφίσταται απώλεια μεγαλύτερη του 0.1% της υγρασίας μετά από 2 ώρες ξηρασίας στην καθορισμένη θερμοκρασία. Σε αυτή την κατάσταση της ξηράσεως δίνεται να επιβεβαιωθεί με ζύγιση του δείγματος πριν και μετά της δίωρης διαδοχικής περιόδου ξήρανσης. Αντί του προσδιορισμού αυτού, δείγματα δίνονται να θεωρηθούν ότι έχουν φτάσει το σταθερό βάρος, όταν έχουν ξηραθεί στην καθορισμένη θερμοκρασία σε ίση ή μικρότερη περίοδο αυτής που βρέθηκε προηγουμένως ως επαρκεί για την επίτευξη της επιθυμητής κατάστασης του σταθερού βάρους υπό συνθήκες πληρώσεως του κλιβάνου ίσης ή ανώτερης. Πέραν της ξηράσεως, το δείγμα ψύχεται σε θερμοκρασία δωματίου, ώστε αυτό να εμβαπτίζεται ως νέο στο ήδη παρασκευασμένο διάλυμα που περιγράφεται στην παράγραφο 1.

6.3. Η διαδικασία της εναλλασσόμενης εμβάπτισης και ξήρανσης επαναλαμβάνεται μέχρι της επιτεύξεως του απαιτούμενου αριθμού των κύκλων.

7. Ποσοτική εξέταση:

7.1. Η ποσοτική εξέταση (Σημείωση 5) εκτελείται όπως παρακάτω:

7.1.1 Μετά τη συμπλήρωση του τελικού κύκλου και αφού το δείγμα ψυχθεί, πλένεται καλά μέχρι να απομακρυνθεί τελείως το θειικό νάτριο ή θειικό μαγνήσιο, επιβεβαιώνεται με την αντίδραση του ύδατος πλύσεως με χλωριούχο βάριο.

7.1.2 Μετά την απομάκρυνση του θειικού νατρίου ή του θειικού μαγνησίου, για κάθε κλάσμα του δείγματος ξηραίνεται μέχρι σταθερό βάρος σε 105-110 βαθμούς Κελσίου και ζυγίζεται. Το λεπτόκοκκο αδρανές κοσκινίζεται με το ίδιο κόσκινο στο οποίο αυτό έχει συγκρατηθεί πριν τη δοκιμή. Εκτός από την περίπτωση των μεγάλων τεμαχίων του πετρώματος, το χονδρόκοκκο αδρανές κοσκινίζεται με το κατάλληλο κόσκινο, ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων. Οι συγκρατούμενοι κόκκοι σε κάθε κόσκινο ζυγίζονται και αναγράφεται το βάρος τους.

Μέγεθος αδρανούς	Χρησιμοποιούμενα κόσκινα για τον προσδιορισμό της φθοράς
2 ½ -1 ½ in	1 ¼ -in
1 ½ -3/4 in	5/8 - in
¾ -3/8 in	5/16-in
3/8 –No 4	No 5

Σημείωση 5: Επιπρόσθετα της διαδικασίας που περιγράφεται στις παραγράφους 1 και 2, συνίσταται όπως λαμβάνονται επιπρόσθετες σημαντικές πληροφορίες του αδρανούς υλικού για μακροσκοπική εξέταση σε κάθε κλάσμα για τον προσδιορισμό εάν επέλθει οποιοδήποτε καταφανούς σχισμού των κόκκων αυτών. Ενδείκνυται επίσης όπως λαμβάνονται οι επιπρόσθετες σημαντικές πληροφορίες εάν, μετά την εργασία του κάθε κλάσματος του δείγματος όπως περιγράφονται στην παράγραφο 2, όλα τα μεγέθη συμπεριλαμβανόμενα και τα αποτρίματα, συνδυάζονται και εκτελούνται κοκκομετρικές αναλύσεις με την χρησιμοποίηση πλήρους σειράς κόσκινων για τον προσδιορισμό του μέτρου λεπτότητας. Τα αποτελέσματα της κοκκομετρικής ανάλυσης εκφράζονται ως υλικά συγκρατούμενα ποσοστά % για κάθε κόσκινο.

8. Ποιοτική εξέταση:

8.1. Τα κλάσματα των δειγμάτων μεγέθους κόκκων μεγαλύτερων των ¾ in, επιπλέον να εξετάζονται ποιοτικώς σε κάθε εμβάπτιση και ποσοτικώς στο τέλος της δοκιμής.

8.2. Η ποιοτική εξέταση και τα αποτελέσματα συνίστανται από δύο μέρη:

1. Από τις παρατηρήσεις του αποτελέσματος της δράσης του διαλύματος του θειικού νατρίου ή θειικού μαγνησίου και της φύσης της δράσεως.
2. Τη μέτρηση του αριθμού των προσβληθέντων κόκκων.

Σημείωση 6: Πολλές μορφές δράσεων μπορούν να αναμένονται. Γενικά αυτές κατατάσσονται ως: αποσάθρωση, σχισμός, θρυμματισμός, ρηγμάτωση, απολέπιση κ.λ.π.

Δεδομένου ότι για την ποιοτική εξέταση απαιτούνται μόνο οι μεγαλύτεροι των $\frac{3}{4}$ in κόκκοι, συνίσταται όπως έχει πραγματοποιηθεί η εξέταση από τα μικρότερα μεγέθη των κόκκων για τον προσδιορισμό ύπαρξης οποιασδήποτε υπερβολικής σχιστότητας.

9.Δελτίο αποτελεσμάτων:

9.1. Το δελτίο αυτό περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

Υπόδειγμα καταγραφής των αποτελεσμάτων της δοκιμής (με αριθμητικό παράδειγμα)

Μέγεθος κόσκινου					
Διερχόμενα από	Συγκρατούμενα από	Διαβάθμιση του αρχικού δείγματος (%)	Βάρος του κλάσματος δοκιμής προς τη δοκιμή (gr)	Ποσοστά % διερχόμενα τα κόσκινα του χρησιμοποιημένου για τον προσδιορισμό της φθοράς	Ανοιγμένος M.O. (διορθωμένη επί της % φθορά)

ΔΟΚΙΜΗ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

No 100 (149 μ)		5.0	-	-	-
No 50 (297 μ)	No 100 (149 μ)	11.4	-	-	-
No 30	No 50	26.0	100	4.2	1.09

(590 μ)	(297 μ)				
No 16 (1190 μ)	No 30 (590 μ)	25.2	100	4.8	1.21
No 8 (2380 μ)	No 16 (1190 μ)	17.0	100	8.0	1.36
No 4 (4760 μ)	No 8 (2380 μ)	10.8	100	11.2	1.21
3/8 in	No 4 (4760 μ)	4.6	-	11.2α	0.52
Σύνολο		100.0	400		5.39

ΔΟΚΙΜΗ ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΩΝ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

2 ½ in	1 ½ in	20.0	3000β	4.8	0.96
1 ½ in	¾ in	45.0	1500β	8.0	3.60
¾ in	3/8 in	23.0	1000β	9.6	2.20
3/8 in	No 4	12.0	300β	11.2	1.34
Σύνολο		100.0	5800		8.10

ΟΠΟΥ:

α) Ως ποσοστό φθοράς για το μέγεθος αυτό, δεδομένου ότι περιλαμβάνει ποσοστό μικρότερο του 5% του αρχικού δείγματος, λαμβάνεται το ποσοστό φθοράς του επόμενου μικρότερου μεγέθους (παράγραφος 4.3)

β) Ελάχιστες απαιτούμενες ποσότητες. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν μεγαλύτερες ποσότητες δείγματος.

9.2. Το βάρος κάθε δείγματος προς τη δοκιμή

9.3. Εκτός της περιπτώσεως των μεγάλων τεμαχίων πετρώματος, το υλικό σε κάθε κλάσμα του δείγματος το διερχόμενο από το κόσκινο που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της φθοράς, εκφραζόμενο ως ποσοστό % κατά βάρος του κλάσματος.

9.4. Ο ανοιγμένος μέσος όρος κατά βάρος υπολογιζόμενος των ποσοστών % φθοράς για κάθε κλάσμα, βασιζόμενος επί της διαβαθμίσεως του δείγματος όπως λήφθηκε από την εξέταση ή προτιμότερο, επί της μέσης διαβάθμισης του υλικού του

μέρους της πηγής προμήθειας του οποίου το δείγμα είναι αντιπροσωπευτικό. Στους υπολογισμούς αυτούς, μεγέθη λεπτότερα του κόσκινου Νο 50, θα εκλαμβάνεται ότι έχουν φθορά 0%.

9.5. Σε περίπτωση κόκκων μεγαλύτερων των 3/4 in πριν τη δοκιμή:

- α) Ο αριθμός των τεμαχίων σε κάθε κλάσμα προς τη δοκιμή.
- β) Ο αριθμός των τεμαχίων των επηρεασθέντων ταξινομημένων κατά κατηγορία ή ο αριθμός των αποσαθρωθέντων, των διαχωρισθέντων των θρυμματισθέντων, των ρωγματησθέντων, των απωλεπισθέντων, κ.λ.π.

9.6. Σε περίπτωση μεγάλων τεμαχίων πετρώματος:

- α) Η % φθορά υπολογιζόμενη όπως περιγράφεται στην παράγραφο 7.1.3 .
- β) Ο αριθμός των επηρεασθέντων τεμαχίων, ταξινομημένα κατά κατηγορία ή ο αριθμός των αποσαθρωθέντων, των διαχωρισθέντων, των θρυμματισθέντων, των ρωγματησθέντων, των απωλεπισθέντων, κ.λ.π.

9.7. Το είδος του διαλύματος (θειικό νάτριο ή θειικό μαγνήσιο).

3.6 Μέθοδοι Κατασκευής Αντιολισθηρών Επιφανειών – Δαπάνη Εφαρμογής – Μείωση Των Ατυχημάτων Και Οικονομική Ωφέλεια

3.6.1 Το πρόβλημα της κατασκευής αντιολισθηρών επιφανειών είναι πρόβλημα οικονομικό και τεχνικό. Οικονομικό γιατί τα υλικά κατασκευής αντιολισθηρών επιφανειών (αδρανή-συνδετικών) τα οποία διατηρούν υψηλό συντελεστή αντιστάσεως σε ολίσθηση μ, έχουν συνήθως υψηλό κόστος. Είναι όμως και τεχνικό, γιατί οι μέθοδοι τέτοιων κατασκευών απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή και εμπειρία, επιπλέον δε, σε πολλές περιπτώσεις, τη χρήση ειδικών μηχανημάτων.

Ένα από τα σπουδαιότερα μηχανήματα είναι και οι θραυστήρες σκληρών πετρωμάτων. Ίσως η ανυπαρξία τέτοιων θραυστήρων στα χέρια των Ελλήνων αναδόχων και η αδυναμία θραύσεως των σκληρών υλικών είναι ένας από τους λόγους για τους οποίους δεν έχουν εφαρμοσθεί οι αντιολισθηρές κατασκευές.

Παρακάτω θα εξεταστούν εν συντομία οι κυριότερες μέθοδοι αντιολισθηρών κατασκευών, η απαιτούμενη δαπάνη για την εφαρμογή και η εκτίμηση για ορισμένες οδούς και την ωφέλεια της Εθνικής Οικονομίας λόγω της μείωσης των οδικών ατυχημάτων.

3.6.2 Δαπάνη κατασκευής αντιολισθηρών στρώσεων.

Η δαπάνη κατασκευής αντιολισθηρών στρώσεων δεν είναι δυνατό να προσδιοριστεί επακριβώς για τους παρακάτω λόγους:

1) Η δαπάνη ανά m^2 αντιολισθηρής κατασκευής εξαρτάται από την εφαρμοζόμενη μέθοδο, το πάχος της στρώσεως, το είδος των αδρανών και της ασφάλτου και τον τρόπο της εφαρμογής.

2) Το κόστος της παραγωγής σκληρών αδρανών υλικών δεν είναι γνωστό, λόγω των μικρών ποσοτήτων οι οποίες παρήχθησαν μέχρι σήμερα και της μη ύπαρξης καταλλήλων θραυστικών συγκροτημάτων στα χέρια των αναδόχων των Δημοσίων έργων.

3) Η δαπάνη εξαρτάται και από τον τόπο της εφαρμογής εισάγοντας και τον παράγοντα της μεταφοράς των αδρανών υλικών σε σημαντικές αποστάσεις.

3.7 Μέθοδοι Αντιολισθηρών Κατασκευών

3.7.1 Μέθοδος των προεπαλειμμένων ψηφίδων.

Η μέθοδος συνίσταται στην έμπηξη προεπαλειμμένων λεπτών σκύρων ή ψηφίδων επί της επιφάνειας του νεοκατασκευαζόμενου ή ήδη υπάρχοντος τάπητα κυκλοφορίας πάχους 3-5cm αμέσως μετά τη διάστρωση και ελαφρά κυλίνδρωσή του. Οι ψηφίδες, έχουν διαστάσεις 1/8 in, 3/4 in ή 1 in ανάλογα με το πάχος της στρώσης κύλισης και της έντασης της κυκλοφορίας. Η συνηθέστερη διάσταση είναι των 3/4 in. Οι ψηφίδες προεπαλείφονται "εν θερμώ" με ποσοστό 1-1.5% σκληρής ασφάλτου 40/60. Μετά την προεπάλειψη, το αδρανές αφήνεται στο έδαφος σε μικρούς σωρούς και ψύχεται με νερό.

Η διασπορά των προεπαλειμμένων ψηφίδων γίνεται πάνω στο ασφαλικό σκυρόδεμα, που έχει συμπυκνωθεί με ελαφρό οδοστρωτήρα. Στη συνέχεια γίνεται η έμπηξη των πρόσθετων αδρανών με κυλίνδρωση. Αυτή η κυλίνδρωση πρέπει να είναι τέτοια, ώστε οι κόκκοι να μη θραύονται και να αγκυρώνονται μέσα στον

ασφαλτοτάπητα κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να προεξέχουν από την επιφάνειά του κατά το 1/3 τους.

Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα γιατί αφ' ενός η απαιτούμενη συνολική ποσότητα υψηλής ποιότητας, είναι σχετικά μικρή, αφ' ετέρου δε, δίνει μεγάλη ταχύτητα επιφάνειας. Βεβαίως όταν η μέθοδος εφαρμόζεται σε παλαιές οδούς είναι δαπανηρή, αλλά σε νέες οδούς είναι μικρή η αύξηση του συνολικού κόστους που επιφέρει (5,50€/ m² για 4cm πάχος περίπου).

3.7.2 Κατασκευή τάπητα κυκλοφορίας με σύνθεση ημίκλειστου τύπου.

Με τη μέθοδο αυτή, ένας συνηθισμένος τάπητας κλειστού τύπου, που το λεπτόκοκκο αδρανές διέρχεται από το κόσκινο Νο 10 και συγκρατείται από το κόσκινο Νο 200, αποτελείται κατά 1/2 από συνηθισμένο ασβεστόλιθο και κατά 1/2 από σκληρό θραυστό και ανθεκτικό σε λείανση, πυριτικό αδρανές υλικό. Λόγω της ανομοιόμορφης φθοράς των επιφανειακών κόκκων, δημιουργείται μικροταχύτητα και έτσι επιτυγχάνεται αντιολισθηρή επιφάνεια.

Η μέθοδος αυτή έχει σαν πλεονέκτημα ότι οι τάπητες αυτοί δεν παρουσιάζουν εξιδρώσεις, έχουν καλή τραχύτητα αλλά μειονεκτούν σαν υδατοπερατοί και μειωμένης ευστάθειας.

3.7.3 Ασφαλική επάλειψη με χρήση κονίας σφράγισης (SLURRY SEAL).

Η μέθοδος αυτή, που χρησιμοποιείται για τη σφράγιση επιφανειακών ρωγμών παλαιών ασφαλτοταπήτων, δίνει τραχιά υφή στην επιφάνεια κύλισης. Η κονία σφράγισης αποτελείται από ψυχρή ασφαλτομαστίχα, που αποτελείται από ειδικό ασφαλικό γαλάκτωμα με ανάμιξη λεπτόκοκκων αδρανών, που διέρχονται από το κόσκινο Νο 7, με μεγάλη ανθεκτικότητα στη λείανση. Το γαλάκτωμα μπορεί να είναι όξινο ή αλκαλικό με μικρή ευαισθησία στις καιρικές μεταβολές. Η ανάμιξη του γαλακτώματος με τα αδρανή πρέπει να γίνεται συνέχεια με μηχανικό μέσο, που θα διαστρώνει συγχρόνως το μίγμα στην οδό. Η απαγόρευση της κυκλοφορίας για 24 ώρες μετά τη διάστρωση, αποτελεί βασικό μειονέκτημα αυτής της μεθόδου. Η δαπάνη της μεθόδου αυτής εξαρτάται από τη σύνθεση της συνδετικής ύλης.

3.7.4 Μέθοδος ψεκασμού με θερμό ασφαλικό διάλυμα.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σε παλιούς ασφαλτοτάπητες με λεία επιφάνεια, όπου ψεκάζεται η επιφάνεια της οδού με κάποιο θερμό ασφαλικό διάλυμα ή με

θερμή ασφαλτο και στη συνέχεια διαστρώνονται στεγνά σκύρα ή ψηφίδες. Η αντοχή της σύνδεσης με τον παλιό ασφαλτοτάπητα εξαρτάται από την ποσότητα της ασφάλτου, που προστέθηκε και από την ποσότητα των σκύρων ή ψηφίδων (συνήθως 1tn για κάθε 30-90 m²). Τα αδρανή, που θα χρησιμοποιηθούν, πρέπει να είναι σκληρά, κυβικής μορφής και να μην περιέχουν παιπάλη. Η δαπάνη της μεθόδου εξαρτάται από την σύνθεση της άμμου και το πάχος της επιφάνειας που πρόκειται να ψεκασθεί.

3.7.5 Μέθοδοι κατασκευής λεπτών ταπήτων από αμμοάσφαλτο (Tapisable κ.λ.π).

Οι μέθοδοι αυτοί συνίστανται στην κατασκευή λεπτού ασφαλτικού τάπητα μέσου πάχους 1-1,5cm, από αμμοάσφαλτο ,χρησιμοποιούμενων προς τούτο δύο ειδών άμμου, που η μία είναι σκληρότερη της άλλης και κατάλληλου συνδετικού με βελτιωτικό προσφύσεως.

Η μέθοδος έχει πολλά πλεονεκτήματα γιατί είναι σχετικά φτηνή, μπορεί να εφαρμοστεί τόσο σε παλιά οδοστρώματα όσο και σε νέα οδοστρώματα με επιφανειακές φθορές και ανωμαλίες, εκτός αυτών όμως οι κατασκευαζόμενες επιφάνειες δεν έχουν μεγάλη τραχύτητα.

Τέλος, εκτός από τα παραπάνω υπάρχουν και άλλες μέθοδοι αντιολισθηρών κατασκευών, η δαπάνη εφαρμογής των οποίων εξαρτάται βασικά από το κόστος των σκληρών αδρανών και από την αναλογία αυτών στο τελικό ασφαλτόμιγμα.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι για μια καλής ποιότητας αντιολισθηρή κατασκευή, η οποία θα συντελέσει στην αύξηση διάρκειας ζωής ενός οδοστρώματος αλλά και στην συντήρηση αυτού, θα πρέπει το κόστος αυτής να εκτιμάται μεταξύ 4,50€ -5,50€/ m² εφόσον οργανωθεί η παραγωγή σκληρών αδρανών και αποκτηθούν τα κατάλληλα μηχανήματα εφαρμογής.

Θα πρέπει δε να ληφθεί υπ' όψη ότι σε πολλές περιπτώσεις η κατασκευή αντιολισθηρών στρώσεων μπορεί να ενταχθεί στη συντήρηση των οδών, που θα γινόταν ούτως ή άλλως, συνεπώς η επιβάρυνση είναι μικρή.

Στους συνημμένους πίνακες 4 και 5 φαίνονται οι κυριότερες οδοί του Εθνικού Δικτύου για τις οποίες απαιτείται η προοδευτική κατασκευή αντιολισθηρών επιστρώσεων.

Στους πίνακες αυτούς δίνεται το μήκος, το μέσο εκτιμώμενο πλάτος, η συνολική επιφάνεια και η απαιτούμενη δαπάνη για την κατασκευή αντιολισθηρής στρώσεως.

Στον πίνακα 4 φαίνονται οι οδοί του κύριου Εθνικού Δικτύου συνολικού μήκους 1887χμ, ενώ στον πίνακα 5 οι Β' προτεραιότητας εθνικές οδοί εκτιμώμενου συνολικού μήκους 1199 χμ.

Η απαιτούμενη δαπάνη ανέρχεται σε 95.331.500€ περίπου για τις οδούς Α' προτεραιότητας και 41.250.000€ για τις οδούς Β' προτεραιότητας, έτσι το σύνολο τις δαπάνης είναι περίπου 136.581.500€.

Η επίτευξη της αντιολισθηρότητας του μεγίστου μέρους του Εθνικού δικτύου, μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελεί συντήρηση αυτών και να ενταχθεί σε πρόγραμμα συντηρήσεως ή βελτιώσεως, το οποίων θα χρηματοδοτηθεί ειδικά από τις Δημόσιες Επενδύσεις.

3.8 Συμπεράσματα

Για μια αντιολισθηρή επιφάνεια, κυριότερος παράγοντας είναι ο βαθμός λείανσης των διαφόρων αδρανών υλικών από την επίδραση των τροχών των οχημάτων.

Έρευνες, που έγιναν με διαφορετικές συνθήκες, έδειξαν ότι για να υπάρξει λειαντική δράση, ήταν αναγκαίο να μπηχθούν λεπτοί κόκκοι αδρανών στην επιφάνεια του ελαστικού του οχήματος και να παρεμβάλλονται μεταξύ αυτού και των αδρανών. Όσο λεπτότεροι ήταν οι κόκκοι, τόσο μεγαλύτερη ήταν και η λειαντική δράση.

Η επερχόμενη λείανση, κατά τις δοκιμές στην επιφάνεια των δοκιμών, εκφραζόταν από τον συντελεστή τριβής που μετριέται με φορητή συσκευή τύπου εκκρεμούς σε καθορισμένες συνθήκες. Ο συντελεστής τριβής βρέθηκε ότι μεταβάλλεται από 0,3 για δοκίμια με περισσότερο λειανόμενα αδρανή, μέχρι 0,8 για δοκίμια που δεν λειαινούνται εύκολα κατά την δοκιμή.

Επίσης, αποδείχθηκε ότι οι τιμές που έδινε η φορητή συσκευή επηρεάζονταν από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος εκτέλεσης της δοκιμής. Κατά την εξέταση δοκιμών αδρανών στη επιφάνεια της οδού, όπου δεν ήταν δυνατός ο έλεγχος της θερμοκρασίας βρέθηκε ότι οι διακυμάνσεις των τιμών, από μέρα σε μέρα σχετίζονταν με τις μεταβολές τις θερμοκρασίας.

Από εξέταση διαφόρων αδρανών προέκυψαν τα παρακάτω :

- Όλα τα δείγματα των ψαμμιτών, που εξετάστηκαν παρέμειναν στο τέλος της δοκιμής τραχιά.
- Οι πυριτόλιθοι, οι κερατόλιθοι, οι ασβεστόλιθοι και οι σκωρίες λειάνθηκαν σε διάφορο βαθμό, ή δε ασβεστόλιθοι και οι σκωρίες κάλυψαν μια μεγάλη έκταση της κλίμακας από λεία μέχρι τραχιά.
- Η μακροσκοπική εμφάνιση των αδρανών των πειραματικών επιφανειών και οι τιμές των συντελεστών πλευρικής ολίσθησης, για ταχύτητα 50 km/ h σε υγρές συνθήκες , απέδειξαν ότι , τόσο η πυκνότητα της κυκλοφορίας όσο και οι ιδιότητες των αδρανών επέδρασαν στον βαθμό που αυτά λειάνθηκαν.
- Σε οδό με ελαφρά κυκλοφορία(φορτία 1000tn ημερησίως) κανένα από τα αδρανή των επιφανειακών επαλείψεων λειάνθηκε σημαντικά μέσα σε 6 έτη από την διάστρωση, οι δε συντελεστές πλευρικής ολίσθησης είχαν τιμές από 0,53 μέχρι 0,66.
- Σε οδό με μέση έως βαριά κυκλοφορία τα περισσότερα των αδρανών λειάνθηκαν μέχρι ένα βαθμό μετά από κυκλοφορία 4 ετών αλλά χωρίς να φτάσουν σε τελική κατάσταση λείανσης.
- Σε οδό με βαριά κυκλοφορία και μέσα σε 1 έτος από την διάστρωση, τα αδρανή μερικών τμημάτων λειάνθηκαν και κατά διαστήματα οι συντελεστές πλευρικών ολισθήσεων των τμημάτων μειώθηκαν σε τιμές κάτω του 0,35.

Τελικά από τις έρευνες προέκυψαν τα παρακάτω:

- Ο συντελεστής λείανσης των αδρανών μπορεί να χρησιμεύσει σαν κριτήριο για την εκλογή των αδρανών οδοποιίας για τη χρήση τους σε ασφαλτικές επεξεργασίες.
- Σε οδούς με μικρό κυκλοφοριακό φόρτο, ο βαθμός που ένα αδρανές λειαίνεται, εξαρτάται όχι μόνο από τις ιδιότητες του και τον κυκλοφορικό φόρτο, αλλά επίσης και από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού, όπως η ακτίνα καμπυλότητας, η κλίση και η ύπαρξη διασταύρωσης ή φωτεινών σηματοδοτών.
- Στατιστικά στοιχεία ατυχημάτων δείχνουν σε δύσκολες θέσεις οδών και με κυκλοφοριακό φόρτο μόνο 3500tn ημερησίως ή μέσα σε 2 έτη από τη

διάστρωση, η λείανση των αδρανών στην επιφάνεια, ήταν η αφορμή συχνών ολισθήσεων, όταν η οδός ήταν υγρή.

- Για οδούς με κυκλοφορικό φόρτο 1000tn ημερησίως, η λείανση των αδρανών δεν αποτελεί πρόβλημα.

3.9 Προτάσεις

Βάσει των παραπάνω συμπερασμάτων , σε συνδυασμό με τις προτάσεις των ερευνών σχετικά με την ολισθηρότητα οδοστρωμάτων προτείνονται τα ακόλουθα :

- Μετρήσεις της ολισθηρότητας στο σύνολο των Ελληνικών οδών, με τήρηση σειράς προτάσεων από άποψη σημασίας οδού και συμβαινόντων ατυχημάτων.
- Έρευνα των υφισταμένων πηγών αδρανών, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αντιολισθηρές κατασκευές (εντοπισμός λατομείων, έρευνα εκτάσεως για γεωτρήσεις αλλά και γεωφυσικές έρευνες, εργαστηριακές δοκιμές προσδιορισμού των χαρακτηριστικών ιδιοτήτων των αδρανών).
- Συνέχιση της κατασκευής δοκιμαστικών αντιολισθηρών επιφανειών.
- Σύνταξη προδιαγραφών κατασκευής αντιολισθηρών επιφανειών.
- Εξέταση της δυνατότητας συντάξεως ειδικού δελτίου ατυχημάτων ή και συγκρότηση ειδικής ομάδας κινητοποίησης για την εξακρίβωση των συνθηκών των ατυχημάτων, τήρηση στατιστικών στοιχείων κλπ.
- Έναρξη προγράμματος αποκατάστασης της αντιολισθηρότητας στις κυριότερες οδούς εντός των πόλεων και γενικώς σε όλες τις οδούς του Εθνικού Δικτύου της χώρας, με χρησιμοποίηση προς αξιοποίηση των πηγών σκληρών αδρανών σύμφωνα με τα παραπάνω.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ
ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΑΣΦΑΛΤΟΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ



Στις σελίδες που ακολουθούν μέσω φωτογραφιών γίνεται η παρουσίαση ενός συγκροτήματος παραγωγής ασφαλτοσκυροδέματος. Η μονάδα αυτή βρίσκεται στην Τύρια Πρεβέζης, με την επωνυμία "ΕΡΓΟΑΣΦΑΛΤΙΚΗ Δ. ΦΟΥΚΑΣ - Κ. ΚΩΣΤΑΣ ΚΑΙ ΣΙΑ Ο.Ε", η οποία ειδικεύεται στον τομέα παραγωγής ασφαλτοσκυροδέματος.

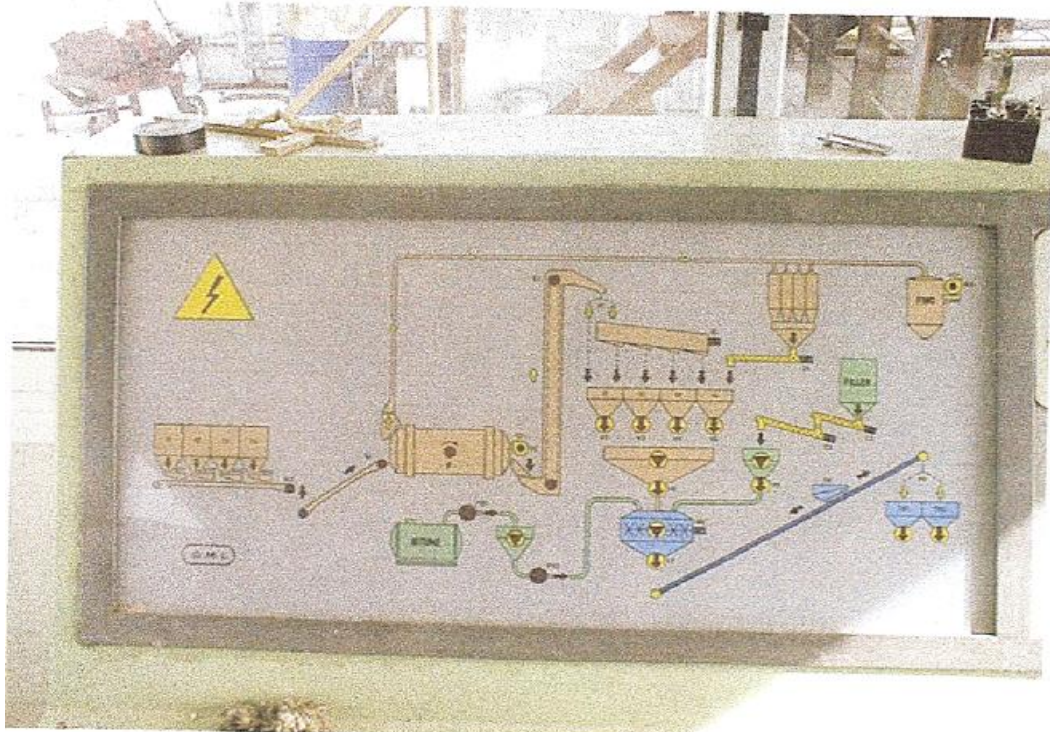
Ένα τέτοιο συγκρότημα έχει παραγωγική ικανότητα 120tn/ h στο μέγιστο βαθμό απόδοσης.

Τα κυριότερα μέρη που το αποτελούν είναι :

1. Οι δεξαμενές ασφάλτου.
2. Τα σιλό τροφοδοσίας και τις ζυγαριές των αδρανών.
3. Οι μεταφορικές ταινίες
4. Ο φούρνος των αδρανών
5. Τα κόσκινα
6. Τα φίλτρα παιπάλης
7. Τον αναμικτήρα αδρανών και ασφάλτου
8. Τον πίνακα χειρισμού της διάταξης.

1^η Φωτογραφία

Το οργανόγραμμα του συγκροτήματος όπως φαίνεται από το κέντρο ελέγχου.



2^η Φωτογραφία

Τα σιλό τροφοδοσίας αδρανών. Τα υλικά που αποθηκεύονται είναι άμμος, ψηφίδα, γαρμπίλι και χάλικες. Η τροφοδοσία των σιλό με αδρανή γίνεται με μεταφορικά οχήματα. Τα αδρανή θα πρέπει να μην περιέχουν προσμίξεις και να είναι ξηρά. Υπάρχει δε η δυνατότητα τα σιλό να σφραγίζονται στο πάνω μέρος τους ώστε τα αδρανή να προφυλάσσονται από την υγρασία. Η χωρητικότητα του κάθε σιλό είναι περίπου 10 m³.



3^η Φωτογραφία

Το κάθε σιλό στο κάτω μέρος του φέρει ζυγαριά η οποία επιτρέπει σε ορισμένη ποσότητα αδρανών να περάσει στην μεταφορική ταινία. Η ποσότητα καθορίζεται από τον χειριστή του κέντρου ελέγχου του συγκροτήματος ανάλογα με τον τύπο του ασφαλτοσκυροδέματος που θα παραχθεί.



4^η και 5^η Φωτογραφία

Τα αδρανή μεταφέρονται από τα σιλό στο φούρνο- ξηραντήρα με κατάλληλη κατάταξη ταινιών



6^η Φωτογραφία

Ο φούρνος όπου τα αδρανή θερμαίνονται σε υψηλή θερμοκρασία ώστε το ποσοστό υγρασίας των κόκκων να μηδενιστεί. Ο φούρνος θερμαίνεται από την καύση μαζούτ και είναι περιστρεφόμενος κατά τον διαμήκη άξονά του. Στο αριστερό άκρο του φούρνου διακρίνεται η διάταξη που τον περιστρέφει. Η κίνηση παρέχεται από έναν ηλεκτροκινητήρα μεγάλης ισχύος. Ο αριθμός των στροφών ρυθμίζεται αυτόματα από το κέντρο ελέγχου ανάλογα με την φύση του υλικού.



Μετά τον φούρνο τα αδρανή οδηγούνται σε ανεβαστήριο με σκαφίδες στα κόσκινα όπως φαίνεται στις φωτογραφίες 7 και 8 .

7^η Φωτογραφία

Εξωτερική απεικόνιση του ανεβατόριου.



8^η Φωτογραφία

Οι σκαφίδες του ανεβαστήριου που οδηγούν τα ξηρά πλέον αδρανή, από τον φούρνο στα κόσκινα.



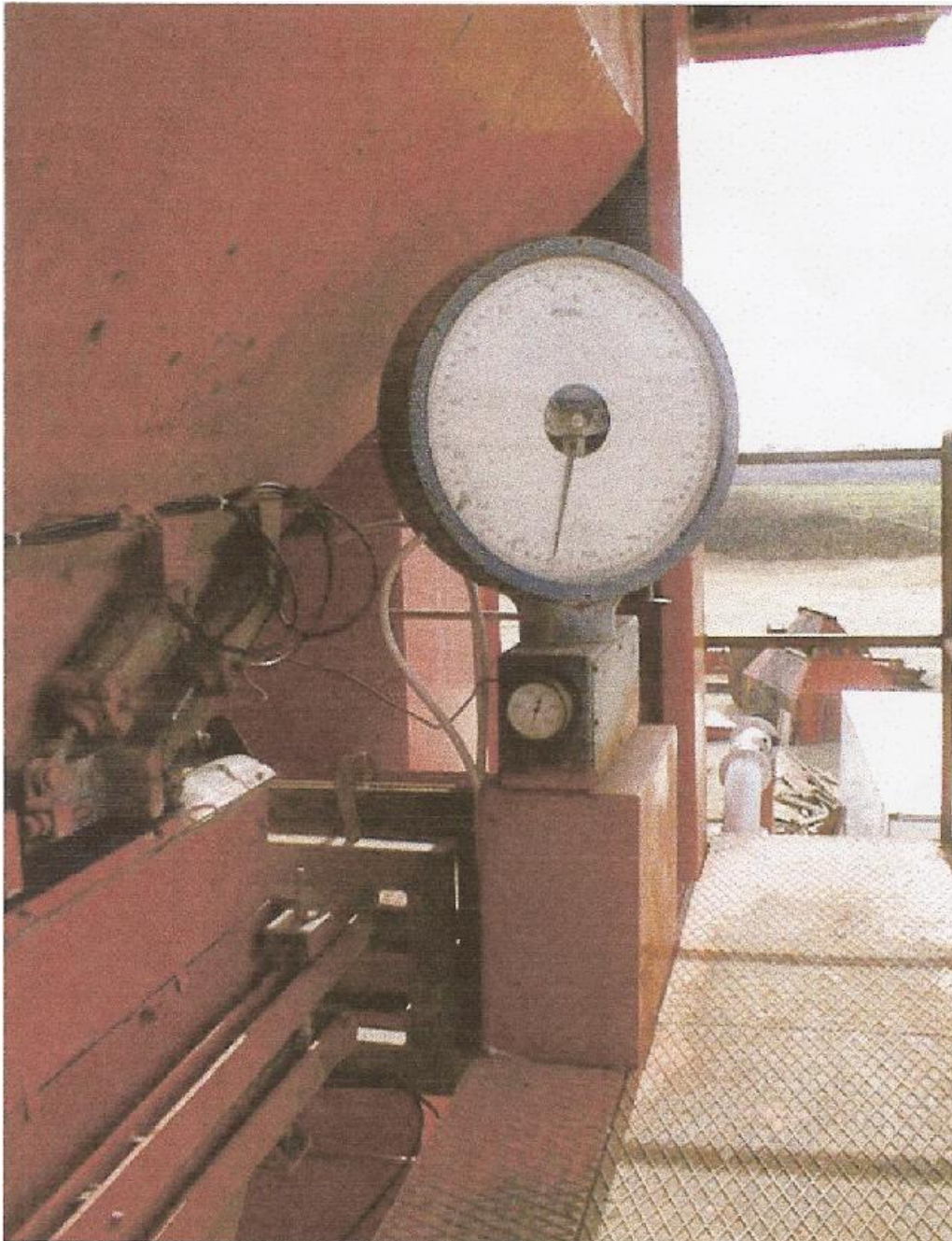
9^η Φωτογραφία

Στα κόσκινα γίνεται ο διαχωρισμός των αδρανών ανάλογα με την κοκκομετρική τους διαβάθμιση.



10^η Φωτογραφία

Τα αδρανή μετά τον διαχωρισμό ξαναζυγίζονται. Εάν το βάρος τους είναι μικρότερο από αυτό που έχει υπολογισθεί τότε πρέπει να γίνουν οι απαραίτητες συμπληρώσεις.



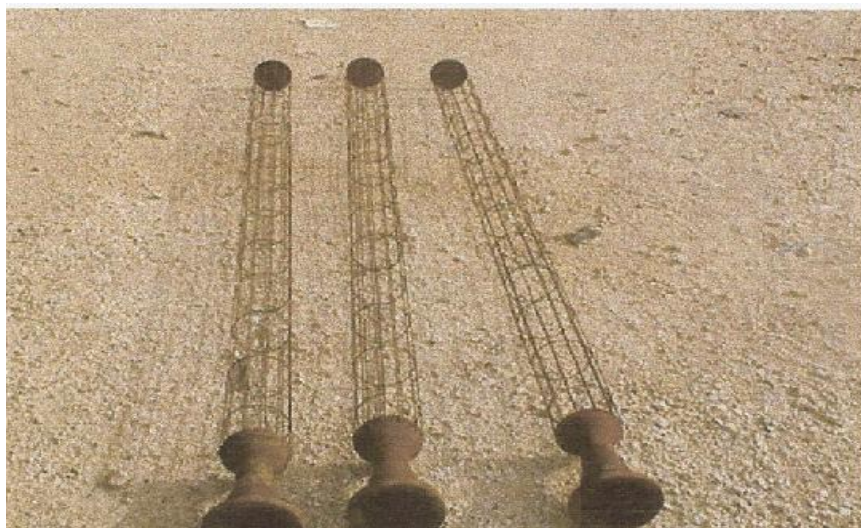
11^η Φωτογραφία

Η παιπάλη συγκεντρώνεται σε ξεχωριστό σιλό από τα άλλα αδρανή και αφού φιλτραριστεί από κατάλληλη διάταξη φίλτρων, οδηγείται στον αναμικτήρα.



12^η Φωτογραφία

Λεπτομέρεια των φίλτρων. Κατά την χρήση τους περιβάλλονται εξωτερικά από την ειδική επένδυση.



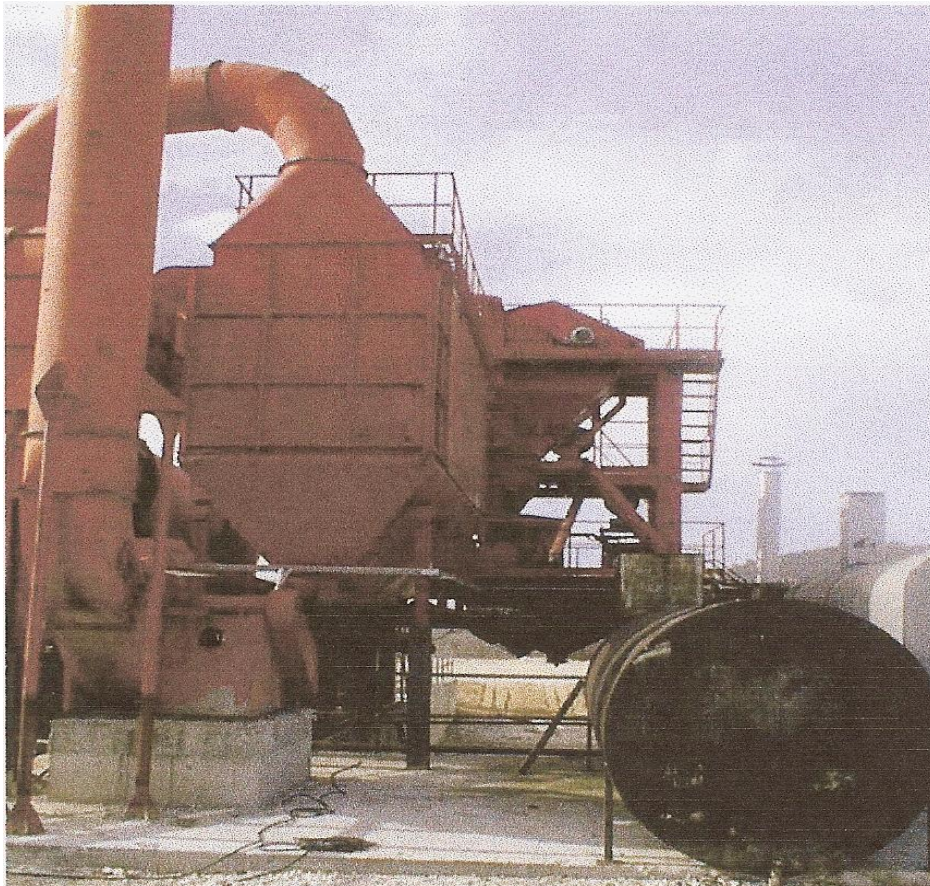
13^η Φωτογραφία

Θέση διάταξης των φίλτρων. Αριθμεί περίπου 285 οπές υποδοχείς φίλτρων.



14^η Φωτογραφία

Εξωτερική άποψη της θέσης των φίλτρων. Δεξιά διακρίνεται η δεξαμενή της καύσιμης ύλης (μαζούτ).



15^η Φωτογραφία

Δεξαμενές αποθήκευσης ασφάλτου.



16^η Φωτογραφία

Λεπτομέρεια των σωλήνων μεταφοράς της ασφάλτου. Χαρακτηριστικό τους είναι τα διπλά τοιχώματα. Στην πρώτη εσωτερική σωλήνα ρέει καυτό λάδι ώστε να είναι ρευστή η άσφαλτος.



17^η Φωτογραφία

Σύστημα θέρμανσης του λαδιού για την ρευστοποίηση της ασφάλτου.



18^η Φωτογραφία

Γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος.



19^η Φωτογραφία

Αναμικτήρας. Εδώ τα αδρανή(παιπάλη, άμμος, γαρμπίλι, ψηφίδα, χάλικες)σε συγκεκριμένες ποσότητες αναμιγνύονται με ασφαλτο. Το ασφαλτόμιγμα πλέον, μέσω του σιλό που βρίσκεται ακριβώς κάτω από τον αναμικτήρα φορτώνεται σε μεταφορικά οχήματα.



20^η Φωτογραφία

Λεπτομέρεια του σιλό φόρτωσης ασφαλτομίγματος.



21^η Φωτογραφία

Πλαϊνή όψη του συγκροτήματος. Διακρίνονται το ανεβατόριο, οι ζυγαριές, ο αναμικτήρας, το σιλό φόρτωσης καθώς και η ράμπα πρόσβασης των μεταφορικών οχημάτων.



22^η Φωτογραφία

Σύστημα απαγωγής των καυσαερίων. Για την προστασία του περιβάλλοντος η απόληξη της καμινάδας είναι εφοδιασμένη με φίλτρα κατακράτησης των επιβλαβών σωματιδίων της καύσης του μαζούτ.



23^η Φωτογραφία

Το κέντρο διαχείρισης του συγκροτήματος.



24^η Φωτογραφία

Λεπτομέρεια του κέντρου ελέγχου. Διακρίνονται τα χειριστήρια ελέγχου των ποσοτήτων των αδρανών καθώς και οι οθόνες που δείχνουν την πορεία της διαδικασίας.



Βιβλιογραφία

1. "Highway Engineering Handbook", R. Brockenbriugh, K. Boedecker, McGraw Hill, 1996.
2. "A Policy on Geometric Design of Highways and Streets", AASHTO, Washington, D.C., 1990.
3. "Roadside Design Guide", AASHTO, Washington, D.C., 1989.
4. "Highway Drainage Guidelines", AASHTO, Vol.IX, Washington, D.C., 1992.
5. "Highway Drainage Guidelines", AASHTO, Vol.IV, Washington, D.C., 1992.
6. "Highway Engineering", Clarkson H. Oglesby, J. Wiley and Sons, Canada, 1982.
7. "Geometric Design of Highways and Streets", AASHTO, Washington, D.C., 1994.
8. "Highway Engineering Handbook", Woods, McGraw.
9. "The Idiots' Guide to Highways Maintenance", C.J.Summers, 2000-06
10. "Στοιχεία Οδοποιίας" Ι. Κοφίτσας, ΙΩΝ, 2001
11. "Οδηγώντας", Κ. Καββαθάς, 1993
12. "Εργαστήριο ασφαλτικών υλικών", Ι. Κοφίτσας, ΙΩΝ, 1997
13. "Πρότυπες τεχνικές προδιαγραφές Υ.Δ. Έργων", 1960-1962
14. "Ανάγκη εκσυγχρονισμού των τεχνικών προδιαγραφών μελέτης για τη βελτίωση των Ελληνικών οδών", Γ. Δεληβόπουλος, Α. Νικηφοριάδης, 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας, 1995
15. "Αναλυτικό Τιμολόγιο Έργων Οδοποιίας (ΑΤΕΟ), Α' Τρίμηνο 2007", Εφημερίδα της Κυβερνήσεως.
16. "Οδηγός Διαστασιολόγησης Οδοστρωμάτων", Egnatia\Final report\Ρavdesguid.
17. "Οδική ασφάλεια", 3^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδικής Ασφάλειας
18. "Τα οδικά τροχαία ατυχήματα στην Ελλάδα", Εθνική Στατιστική Υπηρεσία.
19. "Οδοστρώματα", Θεματολόγιο και Κωδικοποίηση ΠΕΤΕΠ, 2005
20. "Συγκρότημα Παραγωγής Ασφαλοσκυροδέματος", Εργοασφατική, Δ.Φούκας- Κ.Κώστας και Σία Ο.Ε.