



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ



ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΔΟΠΟΪΑΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Ανδρέας Λοΐζος

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΞΟΝΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΧΡΟΝΟ



**ΝΤΗΛΙΑ ΟΛΓΑ
ΠΑΤΣΑΡΟΥΧΑΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ**

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2005

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1	ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ	5
1.1	ΕΙΔΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ	5
1.1.1	Εύκαμπτα οδοστρώματα	5
1.1.2	Δύσκαμπτα οδοστρώματα	6
1.2	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ	7
1.2.1	Διαστασιολόγηση εύκαμπτου οδοστρώματος	7
1.2.2	Διαστασιολόγηση δύσκαμπτου οδοστρώματος	8
1.3	ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ.....	9
1.3.1	Διάρκεια φόρτισης	11
1.3.2	Επιρροή διατάξεων φορτίων	16
1.4	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΗΣ ΜΙΚΤΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΣΕ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΤΥΠΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	20
1.4.1	Συντελεστές ισοδυναμίας	20
1.4.2	Υπολογισμός ΣΙ κατά AASHO	21
1.4.3	Αρχή Miner	22
2	ΟΧΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΦΟΡΤΙΑ	23
3	ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΟΔΩΝ - ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ.....	27
3.1	ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	27
3.2	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΞΟΝΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ‘ΕΝ ΚΙΝΗΣΕΙ’ (WEIGHT-IN-MOTION).....	28
4	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ - ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ	33
4.1	DAW 300.....	33
4.2	ADR-2000/3000 Plus - WIM.....	34
4.3	MARKSMAN 671/2	35
4.4	ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ.....	36
5	Η ΣΥΣΚΕΥΗ TC/C 540 - WIM	38
5.1	ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ TC/C 540	38
5.2	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ.....	39
5.2.1	ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΜΕΝΟΥ	39
5.2.2	ΜΕΝΟΥ ΣΕ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΛΛΟΓΗΣ.....	42
5.3	Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ (CALIBRATION).....	42

5.4	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ TC/C540.....	44
6	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ-ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	47
6.1	ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ ΣΥΣΚΕΥΗΣ.....	49
7	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	55
7.1	ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	55
7.2	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ.....	56
7.3	ΕΤΗΣΙΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ.....	60
8	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΑΧΥΤΗΤΑ, ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΑΙ ΑΞΟΝΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΟΧΗΜΑΤΩΝ.....	63
8.1	ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	63
8.2	ΒΑΡΗ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	65
8.3	ΒΑΡΗ ΑΞΟΝΩΝ.....	66
9	ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ	68
9.1	ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΑΞΟΝΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ	68
9.2	ΕΤΗΣΙΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΙΣΟΔΥΝΑΜΩΝ ΑΞΟΝΙΚΩΝ ΔΙΕΔΕΥΣΕΩΝ..	71
9.3	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ	74
10	ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	78

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με τον προσδιορισμό των αξονικών φορτίων σε πραγματικό χρόνο και την επίδραση της στο σχεδιασμό και την αξιολόγηση των οδοστρωμάτων. Αρχικά, αναλύεται το θεωρητικό υπόβαθρο των δεδομένων φόρτισης που επιβάλλονται στα οδοστρώματα από τις διατάξεις αξόνων-τροχών, τα φορτία και τη σύνθεση κυκλοφορίας. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι διαθέσιμες δυνατότητες προσδιορισμού φορτίων που καλείται να εξυπηρετήσει ένα οδόστρωμα, με έμφαση στα συστήματα Weight-in-motion (WIM). Με στόχο τη διερεύνηση και αξιολόγηση των δυνατοτήτων που προσφέρουν αυτά τα συστήματα, έγινε εφαρμογή με χρήση του συστήματος WIM που διαθέτει ο τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής. Αναλυτικότερα, πραγματοποιήθηκαν επιτόπου μετρήσεις σε τμήμα του αυτοκινητοδρόμου, συλλέχθηκαν στοιχεία και ακολούθως αναλύθηκαν με βάση τη διαδικασία και τις παραδοχές που συνήθως χρησιμοποιούνται για το σχεδιασμό των οδοστρωμάτων. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν συγκρίθηκαν με αντίστοιχα δεδομένα που μπορούν να συλλεχθούν χωρίς τη χρήση συστημάτων WIM, και στη συνέχεια διερευνήθηκε ενδεικτικά η επίδραση των διαφορετικών αποτελεσμάτων στο σχεδιασμό των οδοστρωμάτων. Όπως προέκυψε από τις σχετικές αναλύσεις, η χρήση των συστημάτων WIM μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού και της διαχείρισης των οδοστρωμάτων.

ABSTRACT

The present diploma deals with the specification of axle loads in real time and the effect that structural capacity has on pavements' designing and evaluation. At first the theoretical basis concerning the data of loading weight, which is enforced on pavements by a number of different axles-wheels, as well as the loads and traffic composition is presented. The aforementioned theoretical analysis is followed by an exposition of the available ways to specify the loads that a pavement is meant to serve by laying stress on WEIGHT-IN-MOTION systems. In order to examine and evaluate the capabilities of these systems an application took place by using the system WIM possessed the Transportation Planning and Engineering section. Furthermore measuring on the spot was carried out on part of the motorway, the results were gathered and analyzed according to the procedure and the principles that are generally admitted for the construction of pavements. The results of the study were compared to equivalent data collected with no use of the WIM systems and then a survey was conducted on the effect of those different results on the designing of pavements. The outcome of the comparison of these given facts was that the use of WIM systems can play an important role in the amelioration of pavements' designing and management.

1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

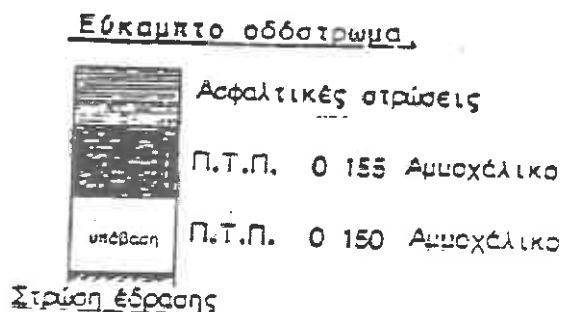
1.1 ΕΙΔΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Η αδυναμία του εδάφους να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις για άνεση και ασφάλεια στις οδικές μεταφορές, δημιούργησε την ανάγκη για την κατασκευή του οδοστρώματος. Με την κάλυψη του εδάφους από το οδόστρωμα οι μεταφορές γίνονται πιο άνετες και πιο ασφαλείς, ενώ παράλληλα ελαχιστοποιείται η φθορά των οχημάτων. Το οδόστρωμα προστατεύει το έδαφος από τις καιρικές συνθήκες και μεταβιβάζει τις τάσεις από τα φορτία της κυκλοφορίας σαφώς μειωμένες στο έδαφος.

Διακρίνουμε δύο κύριες κατηγορίες οδοστρωμάτων: τα εύκαμπτα και τα δύσκαμπτα.

1.1.1 Εύκαμπτα οδοστρώματα

Πρόκειται, ίσως για τον πιο διαδεδομένο τύπο οδοστρωμάτων. Αποτελούνται από τρεις βασικές στρώσεις – επιφανειακή στρώση, στρώση βάσης και υπόβαση – που εδράζονται πάνω στο έδαφος. Μια τυπική διατομή ευκάμπτου οδοστρώματος παρατίθεται στο *σχήμα 1-1*.



Σχήμα 1-1: Εύκαμπτο οδόστρωμα[1]

Η επιφανειακή στρώση περιλαμβάνει μία ή περισσότερες στρώσεις ασφαλτομιγμάτων. Η ανώτερη από αυτές, η στρώση κυκλοφορίας οφείλει να

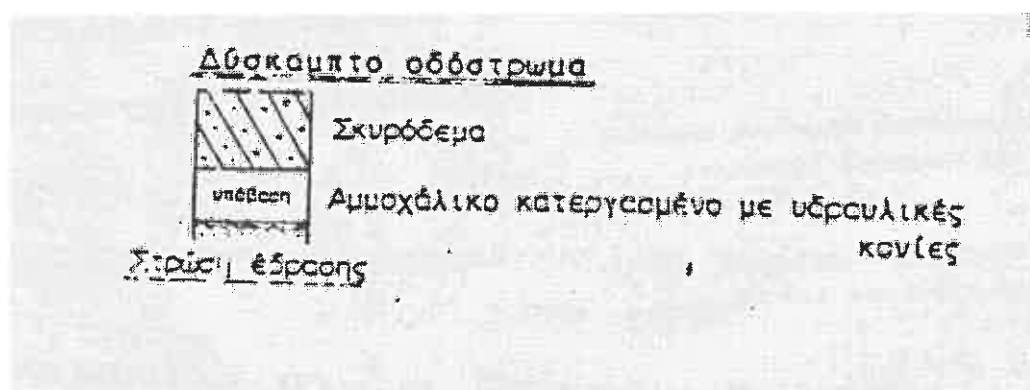
είναι κατά το δυνατό ομαλή για να εκπληρώνεται η απαίτηση για άνετη κυκλοφορία ενώ παράλληλα πρέπει να είναι και αντισισθηρή.

Η στρώση βάσης έχει στόχο τη διανομή καθώς και τη μείωση των φορτίων κυκλοφορίας έτσι ώστε να μπορούν να παραληφθούν από την υπόβαση και το έδαφος. Πρόκειται για μια από τις κύριες στρώσεις του οδοστρώματος λαμβάνοντας σαν κριτήριο την αντοχή. Τα υλικά από τα οποία κατασκευάζεται είναι συνήθως κατεργασμένο με άσφαλτο ή τσιμέντο αμμοχάλικο ή συμπυκνωμένο αμμοχάλικο κατάλληλης διαβάθμισης.

Η υπόβαση είναι η επιφάνεια έδρασης των υπερκείμενων στρώσεων. Ουσιαστικά, είναι και αυτή μια στρώση διανομής των τάσεων με πρόσθετο ρόλο να προστατεύει το έδαφος από τον παγετό. Κατασκευάζεται από υποδεέστερα υλικά σε σχέση με αυτά της βάσης, συνήθως συμπυκνωμένο αμμοχάλικο ή και από σταθεροποιημένα υλικά.

1.1.2 Δύσκαμπτα οδοστρώματα

Κατασκευάζονται από άοπλο ή οπλισμένο σκυρόδεμα που εδράζεται πάνω σε μια στρώση βάσης ή απευθείας στο έδαφος.



Σχήμα 1-2: Δύσκαμπτο οδοστρώμα[1]

Η βασική διαφορά σε σχέση με τα εύκαμπτα έγκειται στο ότι η πλάκα του σκυροδέματος συμπεριφέρεται σαν ένας δύσκαμπτος φορέας που εδράζεται πάνω σε ένα ελαστικό υπόστρωμα. Η μεγάλη ακαμψία του σκυροδέματος έχει σαν αποτέλεσμα να κατανέμονται τα φορτία σε σχετικά μεγάλη επιφάνεια με άμεση συνέπεια τη δραστική μείωση των μεταβιβαζόμενων στο έδαφος τάσεων. Συνήθως για την εξασφάλιση της ομοιόμορφης έδρασης της πλάκας και την μείωση των τάσεων που αναπτύσσονται στο σκυρόδεμα κατασκευάζεται μια

στρώση έδρασης που, αντίστοιχα με τα εύκαμπτα οδοστρώματα, ονομάζεται υπόβαση. Αυτή κατασκευάζεται από αμμοχάλικο καλής διαβάθμισης ή από χαλίκια με ισχνό σκυρόδεμα. Μια τυπική διατομή δύσκαμπτου οδοστρώματος παρατίθεται στο *σχήμα 1-2*.

1.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Ο αναλυτικός υπολογισμός όλων των οδοστρωμάτων συνίσταται στην ακόλουθη διαδικασία[1]:

- Καθορισμός του μηχανικού προσομοιώματος που παριστά το οδόστρωμα
- Καθορισμός του είδους, της έντασης και της διάρκειας των επιπονήσεων που προβλέπεται να υποστεί το οδόστρωμα (φορτία κυκλοφορίας και περιβαλλοντικές επιδράσεις)
- Εκτίμηση του πάχους και των μηχανικών χαρακτηριστικών των διαφόρων στρώσεων
- Ανάλυση της εντατικής κατάστασης (τάσεις, παραμορφώσεις και υποχωρήσεις) υπό την επενέργεια των επιπονήσεων
- Έλεγχος της επάρκειας του οδοστρώματος για την αποφυγή αστοχίας σε οποιαδήποτε στρώση (νόμοι αστοχίας υλικών)

1.2.1 Διαστασιολόγηση εύκαμπτου οδοστρώματος

Για την διαστασιολόγηση του εύκαμπτου οδοστρώματος ακολουθούνται τα εξής στάδια υπολογισμού[1]:

- Εκλέγεται ένα στατικό μοντέλο το οποίο αντιπροσωπεύει για την ανάλυση το οδόστρωμα και το έδαφος. Συχνά η εκλογή γίνεται με κάποια αιτιολογημένη απλούστευση της κατασκευής.
- Καθορίζονται οι φορτίσεις ή γενικότερα οι επιπονήσεις.
- Εκλέγεται το είδος των υλικών των στρώσεων και γίνεται μια πρώτη εκτίμηση του πάχους αυτών.
- Καθορίζονται οι απαραίτητες για τον υπολογισμό ιδιότητες των υλικών από τις δεδομένες συνθήκες περιβάλλοντος και φορτίσεως.
- Υπολογίζονται οι αναπτυσσόμενες τάσεις και παραμορφώσεις σε ορισμένα κρίσιμα σημεία.
- Συγκρίνονται οι τιμές των τάσεων ή και των παραμορφώσεων που υπολογίστηκαν με τις αντίστοιχες επιτρεπόμενες τιμές για κάθε στρώση και υλικό.

- Αν οι τιμές που υπολογίστηκαν είναι μικρότερες ή ίσες από τις επιτρεπόμενες η κατασκευή είναι αποδεκτή διαφορετικά η διαδικασία επαναλαμβάνεται.

1.2.2 Διαστασιολόγηση δύσκαμπτου οδοστρώματος

Η διαστασιολόγηση των δύσκαμπτων βασίζεται στο συνδυασμό αναλυτικών μεθόδων υπολογισμού και εμπειρίας από την συμπεριφορά υπαρχόντων οδοστρωμάτων. Σε όσες χώρες υπάρχουν αρκετές πληροφορίες σχετικά με τη συμπεριφορά των υπαρχόντων οδοστρωμάτων υπό διαφορετικές συνθήκες κυκλοφορίας, κλίματος, εδαφολογικών χαρακτηριστικών και κατασκευαστικών λεπτομερειών (βλήτρα, υλικά υποβάσεως, είδος ερείσματος κτλ.) ο υπολογισμός κατ' αρχήν βασίζεται στην εμπειρία αυτή και η ανάλυση χρησιμοποιείται για την εισαγωγή νέων δεδομένων όπως π.χ. βαρύτερα φορτία, μεγαλύτερη κυκλοφορία, νέα υλικά στην υπόβαση, διαφορετική αντοχή σκυροδέματος κτλ.

Ο αναλυτικός υπολογισμός των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων συνίσταται στην ακόλουθη διαδικασία[1]:

- Καθορισμός του μηχανικού προσομοιώματος που παριστά το οδόστρωμα.
- Καθορισμός του είδους, της έντασης και της διάρκειας των επιπονήσεων που προβλέπεται να υποστεί το οδόστρωμα. Η διαδικασία αυτή συνίσταται κυρίως στον καθορισμό της φόρτισης από τα φορτία της κυκλοφορίας και στην εκτίμηση των επιπονήσεων που προκαλούνται από τις περιβαλλοντικές επιδράσεις. (π.χ. θερμοκρασιακές τάσεις, επιρροή της μεταβολής της φέρουσας ικανότητας της στρώσεως εδράσεως από τις κλιματολογικές και υδρολογικές μεταβολές κλπ).
- Εκτίμηση του πάχους των διαφόρων στρώσεων του οδοστρώματος και των μηχανικών χαρακτηριστικών των στρώσεων που είναι απαραίτητα για την ανάλυση του προσομοιώματος (συνήθως του μέτρου ελαστικότητας και του λόγου Poisson των υλικών των στρώσεων).
- Ανάλυση της εντατικής κατάστασης (τάσεις, παραμορφώσεις, υποχωρήσεις) που αναπτύσσεται στο οδόστρωμα από την επενέργεια των επιπονήσεων.
- Έλεγχος της επάρκειας του οδοστρώματος (που συνίσταται με τα εκλεγέντα πάχη, το είδος και τα μηχανικά χαρακτηριστικά στρώσεων του οδοστρώματος) έτσι ώστε να μη παρουσιαστεί αστοχία κατά τη διάρκεια της προβλεπόμενης χρήσης σε μια στρώση του οδοστρώματος και τη στρώση έδρασης. Για τον καθορισμό αυτό, είναι απαραίτητο να είναι γνωστοί οι

νόμοι που προσδιορίζουν την αστοχία των υλικών υπό την προβλεπόμενη επιπόνηση. Ειδικότερα απαιτείται η γνώση του νόμου κοπώσεως του σκυροδέματος και ο νόμος αστοχίας των υλικών υποβάσεως από διάβρωση. Ο νόμος αστοχίας της στρώσης έδρασης συνήθως δεν απαιτείται διότι οι τάσεις που μεταβιβάζονται κάτω από την πλάκα του σκυροδέματος είναι πολύ μικρές για να προκαλέσουν αστοχία. Εφόσον στον έλεγχο αυτό αποδειχθεί ότι σε κάποιο σημείο προβλέπεται αστοχία, τότε αναπροσαρμόζονται κατάλληλα τα πάχη ή τα μηχανικά χαρακτηριστικά των υλικών στρώσεων του οδοστρώματος (με αναβάθμιση της ποιότητας τους) έτσι ώστε στον επανέλεγχο που θα ακολουθήσει να μην παρουσιάζεται αστοχία.

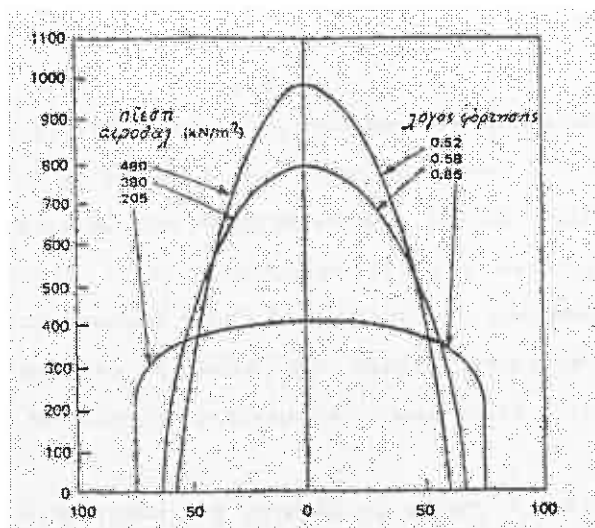
1.3 ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Το κύριο έργο ενός οδοστρώματος είναι η παραλαβή των φορτίων των οχημάτων και η μεταβίβασή τους στο έδαφος. Τα φορτία αυτά εφαρμόζονται στο οδόστρωμα μέσω του συστήματος αξόνων-τροχών που φέρει κάθε όχημα. Αξιολογώντας το πλήθος και το είδος/τύπο των οχημάτων που διέρχονται από μια οδό σε σχέση με τη φθορά που προκαλούν, διαπιστώνεται ότι η καταπόνηση του οδοστρώματος οφείλεται στα βαρέα οχήματα. Το μέγεθος του φορτίου που φέρουν (αξονικού ή μικτού) επιδρά καταλυτικά στην επιτάχυνση της φθοράς του οδοστρώματος και στη μείωση της διάρκειας ζωής του.

Η εύρεση της μορφής του φορτίου που εφαρμόζεται πάνω στην επιφάνεια ενός οδοστρώματος είναι το πρώτο ζήτημα που πρέπει να επιλυθεί. Καθοριστικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπ' όψη είναι το μέγεθος του φορτίου, η πίεση του ελαστικού του τροχού και η επιφάνεια επαφής τροχού-οδοστρώματος. Η υπόθεση που κάνουμε είναι ότι η πίεση επαφής τροχού επί του οδοστρώματος είναι ίση με την εσωτερική πίεση του ελαστικού. Οι τιμές της πίεσης των ελαστικών κυμαίνονται κατά κύριο λόγο μεταξύ των 0.5-0.8 Μpa. Στην πραγματικότητα όμως για ελαστικά με χαμηλή πίεση, η πίεση στην επιφάνεια επαφής είναι συνήθως μεγαλύτερη από την πίεση του αεροθαλάμου, ενώ σε ελαστικά υπερσυμπιεσμένα η πίεση στην επιφάνεια επαφής είναι μικρότερη από αυτή του αεροθαλάμου.

Μια άλλη εκτίμηση που θα πρέπει να κάνουμε αφορά την κατανομή του φορτίου στην επιφάνεια επαφής, η οποία εξαρτάται σημαντικά από το λόγο φόρτισης όπως διαπιστώνεται από το *σχήμα 1-3*. Ως λόγος φόρτισης ορίζεται η

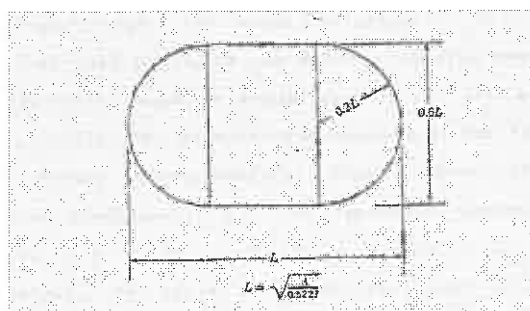
αναλογία του φορτίου που φέρει ο τροχός προς το μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο που μπορεί να φέρει σύμφωνα με τον κατασκευαστή του.



Σχήμα 1-3: Πίεση επαφής συναρτήσει του λόγου φόρτισης[2]

Όπως φαίνεται στο σχήμα η κατανομή του φορτίου από παραβολική για μικρές τιμές του λόγου φόρτισης τείνει να γίνει ομοιόμορφη για τις μεγαλύτερες τιμές. Από την άποψη σχεδιασμού του οδοστρώματος ενδιαφέρον έχουν τα μεγαλύτερα φορτία, γι' αυτόν το λόγο μπορούμε να κάνουμε την παραδοχή ότι το φορτίο κατανέμεται ομοιόμορφα στην επιφάνεια επαφής.

Σχετικά με το σχήμα της επιφάνειας επαφής η πιο ακριβής λύση θα ήταν να την θεωρήσουμε ελλειπτικής μορφής. Μια τέτοια προσέγγιση όμως που θα μας οδηγούσε σε ένα κατανεμημένο φορτίο ελλειπτικής μορφής θα παρουσίαζε ένα δυσανάλογα μεγάλο βαθμό δυσκολίας υπολογισμού των εντατικών μεγεθών. Μια επίσης καλή προσέγγιση θα ήταν να θεωρήσουμε ότι η επιφάνεια επαφής έχει μια σχεδόν ελλειπτική μορφή, η οποία αποτελείται από ένα ορθογώνιο και δύο ημικύκλια όπως φαίνεται στο σχήμα 1-4.



Σχήμα 1-4: Επιφάνεια επαφής τροχού-οδοστρώματος[2]

Μια τέτοιας μορφής επιφάνεια επαφής χρησιμοποιείται ευρέως κατά τον υπολογισμό οδοστρωμάτων αεροδρομίων. Για την περίπτωση οδοστρωμάτων οδών, όπου τα φορτία είναι πολύ μικρότερα και η μορφή των τροχών καθώς και οι διατάξεις των αξόνων διαφέρουν από αυτά των αεροσκαφών η επιφάνεια επαφής μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει κυκλική μορφή χωρίς αυτό να μας οδηγεί σε σημαντικά σφάλματα κατά τον σχεδιασμό.

Θεωρώντας ότι το φορτίο των τροχών είναι ομοιόμορφα κατανεμημένο σε κυκλική επιφάνεια επαφής τροχού-οδοστρώματος και σύμφωνα με τις παραδοχές περί πιέσεων ελαστικών όπως προαναφέρθηκαν υπολογίζεται η ακτίνα της κυκλικής επιφάνειας επαφής:

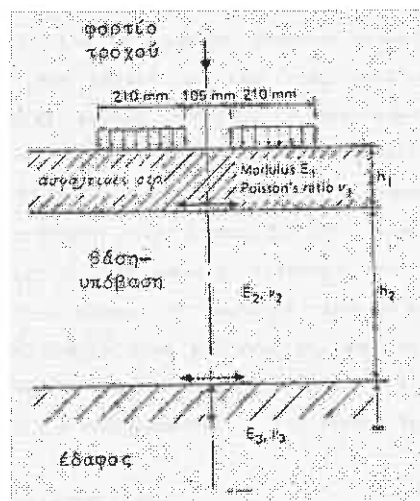
$$a = \left(\frac{P}{p^* \pi} \right)^{1/2}$$

όπου a : η ακτίνα της κυκλικής επιφάνειας επαφής

P : το φορτίο του τροχού

p : η πίεση του ελαστικού

Κατ' αυτόν τον τρόπο ένα τυπικό στατικό μοντέλο για τη μελέτη ενός οδοστρώματος είναι ανάλογο με αυτό του σχήματος 1-5.



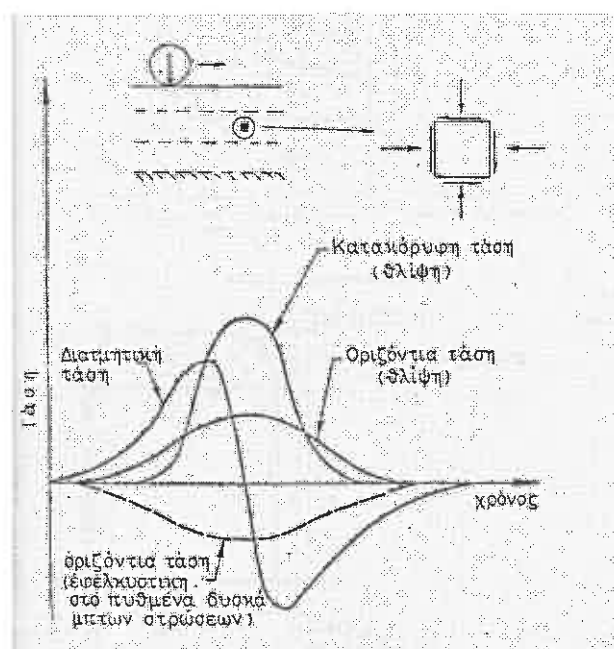
Σχήμα 1-5: Τυπικό στατικό μοντέλο οδοστρώματος[1]

1.3.1 Διάρκεια φόρτισης

Μέχρι αυτό το σημείο αναφερθήκαμε στην μορφή που έχει ένα φορτίο που καταπονεί το οδόστρωμα θεωρώντας το “στατικό”. Στην πραγματικότητα βέβαια η φόρτιση έχει μια δυναμική μορφή καθ’ ότι το φορτίο διέρχεται πάνω από το οδόστρωμα και δημιουργεί μια δυναμική καταπόνηση. Για την ανάλυση

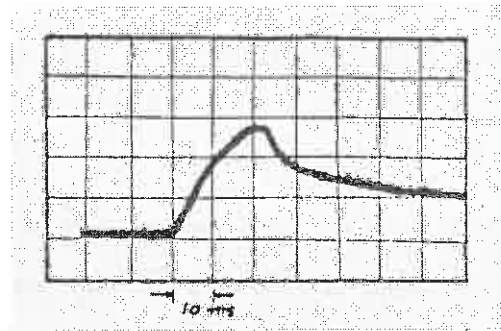
μιας τέτοιας μορφής καταπόνησης είναι αναγκαίο να λάβουμε υπ' όψη και την διάρκεια της φόρτισης καθώς και την μεταβολή της μέσα στο χρόνο.

Κατά τη διέλευση ενός τροχού από ένα σημείο του οδοστρώματος η επιφάνεια επαφής του τροχού με το οδόστρωμα μεταβάλλεται συνεχώς από μια ελάχιστη τιμή σε μια μέγιστη, ενώ στη συνέχεια παίρνει πάλι μια ελάχιστη τιμή. Ανάλογα έχουμε και μια διαδικασία φόρτισης, μια μέγιστη φόρτιση που ακολουθείται από μια αποφόρτιση. Αυτό συμβαίνει, γιατί την διαδικασία αυτή ακολουθούν οι ομοιόμορφα κατανεμημένες σε αυτή την επιφάνεια πιέσεις λόγω του φορτίου του τροχού. Σε κάθε επανάληψη της φόρτισης, δηλαδή σε κάθε διέλευση ενός τροχού από ένα συγκεκριμένο σημείο της διατομής ενός οδοστρώματος οι αναπτυσσόμενες τάσεις μεταβάλλονται όπως στο *σχήμα 1-6*.



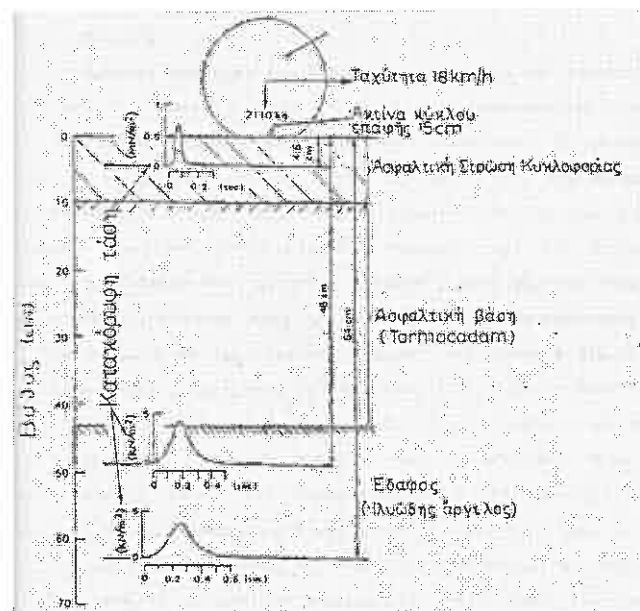
Σχήμα 1-6: Μεταβολή τάσεων κατά τη διέλευση φορτίου[1]

Η πίεση που αναπτύσσεται στο οδόστρωμα κατά το ανωτέρω διάστημα σε συνάρτηση με τον χρόνο παρουσιάζεται στο *σχήμα 1-7*. Παρατηρούμε μια απότομη αύξηση της πίεσης (φόρτιση), στη συνέχεια διατήρησή της σταθερή για μικρό χρονικό διάστημα (μέγιστη φόρτιση) και κατόπιν μια απότομη κατ' αρχάς και έπειτα με επιβραδυνόμενο ρυθμό μείωση αυτής (αποφόρτιση). Επομένως ο κλάδος της αποφόρτισης είναι μεγαλύτερος αυτού της φόρτισης και έχει μεγαλύτερη χρονική διάρκεια από το χρόνο ενέργειας της επιφάνειας επαφής του ελαστικού.

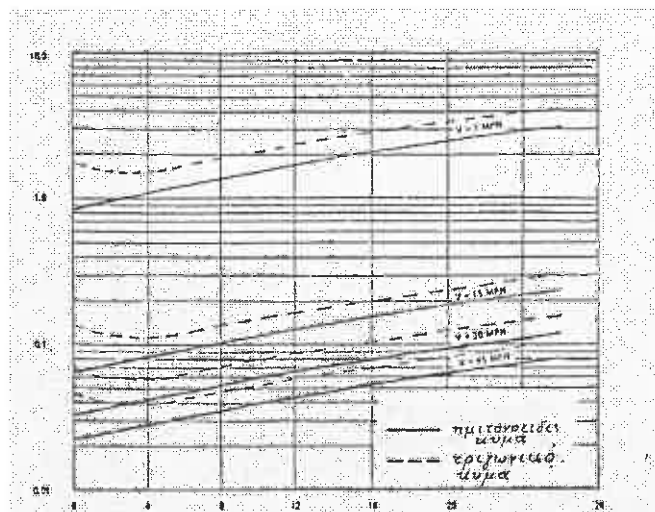


Σχήμα 1-7: Διάγραμμα πιέσεων ως προς το χρόνο[2]

Όσον αφορά τα συνηθισμένα εύκαμπτα οδοστρώματα και σε θερμοκρασίες άνοιξης και καλοκαιριού, η διάρκεια φόρτισης εξαρτάται σημαντικά από το βάθος που βρίσκεται το υπ' όψη στοιχείο και την ταχύτητα διέλευσης του φορτίου. Στο σχήμα 1-8 παρατηρούμε ότι η μορφή του κύματος φόρτισης είναι σχεδόν ημιτονοειδής και έχει μεγαλύτερη διάρκεια στα κατώτερα στρώματα απ' ότι στην επιφάνεια. Αντίστοιχα στο σχήμα 1-9 βλέπουμε την εξάρτηση της διάρκειας του κύματος της φόρτισης από το βάθος του σημείου που μας ενδιαφέρει και την ταχύτητα του οχήματος. Έτσι για σταθερό βάθος παρατηρούμε ότι μειώνεται ο χρόνος φόρτισης.

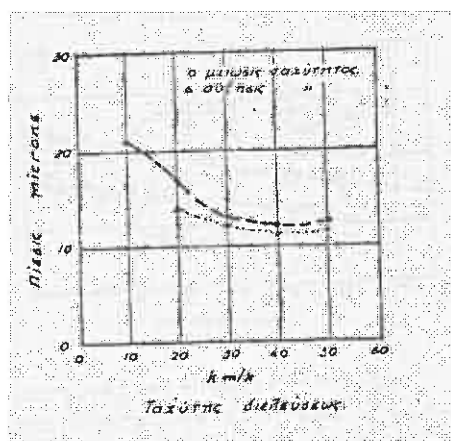


Σχήμα 1-8: Χρόνος φόρτισης και μέγεθος επιβαλλόμενων τάσεων στο οδόστρωμα[1]

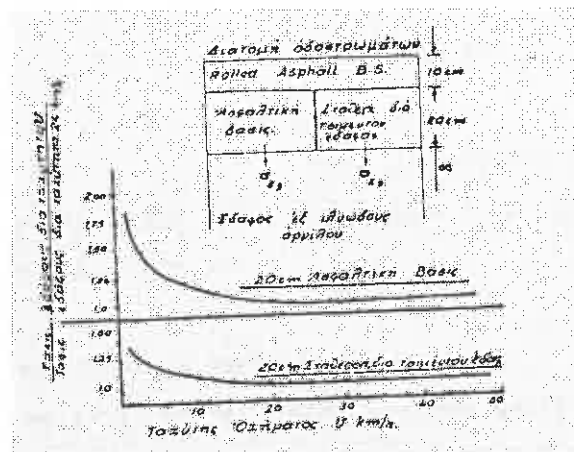


Σχήμα 1-9: Μεταβολή του χρόνου φόρτισης της ισοδύναμης κατακόρυφης τάσης με το βάθος και την ταχύτητα του οχήματος[2]

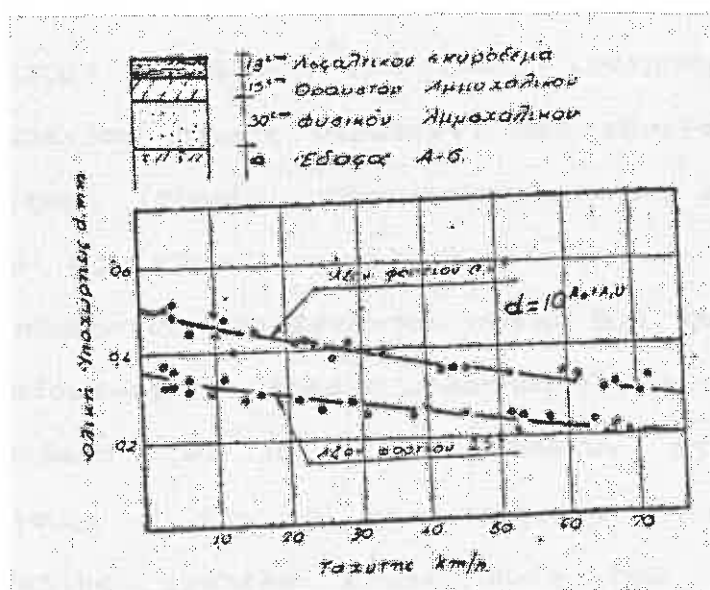
Η ταχύτητα που έχει ένα όχημα, επιδρά άμεσα τόσο στην μέγιστη πίεση που δημιουργείται στην επιφάνεια του οδοστρώματος όσο και στις τάσεις που δημιουργούνται μέσα στο οδόστρωμα. Οι επιδράσεις αυτές φαίνονται στα σχήματα 1-10, 1-11 και 1-12. Στο σχήμα 1-10 περιγράφεται η σχέση ταχύτητας διέλευσης του τροχού με τη μετρούμενη μέγιστη πίεση επί του οδοστρώματος. Στο σχήμα 1-11 δίνεται η επίδραση της ταχύτητας διέλευσης ενός φορτιού πάνω στις αναπτυσσόμενες κάθετες προς την επιφάνεια του εδάφους τάσεις σ_z και στο σχήμα 1-12 περιγράφεται η σχέση ταχύτητας διέλευσης και ολικής υποχώρησης εύκαμπτου οδοστρώματος όπως διαπιστώθηκε από το Οδικό Πείραμα AASHO. Όσο η ταχύτητα διέλευσης αυξάνει, όσο δηλαδή η διάρκεια φόρτισης ελαττώνεται, τόσο η επίδραση τους στις αναπτυσσόμενες τάσεις και παραμορφώσεις γίνεται μικρότερη. Για ταχύτητες δε, πάνω από 25 km/h έχουμε την ελάχιστη επίδραση.



Σχήμα 1-10: Επίδραση της ταχύτητας διέλευσης επί της μετρούμενης μέγιστης πίεσης[2]



Σχήμα 1-11: Επίδραση της ταχύτητας διέλευσης επί των αναπτυσσόμενων κατακόρυφων τάσεων[2]



Σχήμα 1-12: Επίδραση της ταχύτητας επί της ολικής υποχώρησης εύκαμπτου οδοστρώματος[2]

Γενικά η χρονική διάρκεια της φόρτισης θεωρείται της τάξης του 0.02 sec και μπορεί να υπολογιστεί κατά προσέγγιση από τη σχέση:

$$T = \frac{1}{V}$$

όπου T: η διάρκεια φόρτισης

V: η ταχύτητα του τροχού

Έτσι για ταχύτητες από 15-100 km/h ο χρόνος φόρτισης κυμαίνεται από 0.01-0.06 sec.

1.3.2 Επιρροή διατάξεων φορτίων

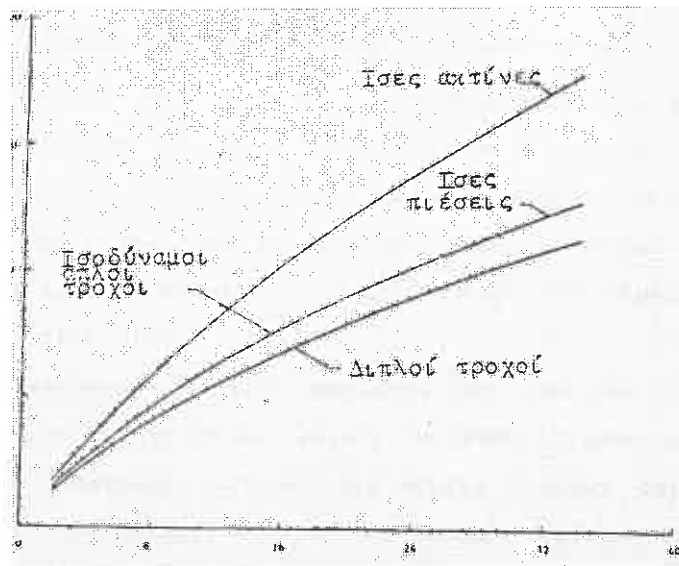
Στις προηγούμενες παραγράφους περιγράφηκαν οι φθορές που δημιουργούνται σε ένα οδόστρωμα από τις διελεύσεις των φορτίων ενός τροχού. Στην πραγματικότητα όμως τα φορτία που καταπονούν το οδόστρωμα δεν επιβάλλονται πάντα από διατάξεις ενός τροχού. Τα βαρέα οχήματα που κυκλοφορούν σήμερα και μας ενδιαφέρουν ιδιαίτερα φέρουν διάφορες διατάξεις αξόνων-τροχών. Αυτές μπορούμε να τις εντάξουμε στις εξής πέντε γενικές κατηγορίες:

- α. Διάταξη μονών αξόνων με μονούς τροχούς.
- β. Διάταξη μονών αξόνων με δίδυμους τροχούς.
- γ. Διάταξη διπλών αξόνων με δίδυμους τροχούς.
- δ. Διάταξη τριπλών αξόνων με δίδυμους τροχούς
- ε. Διάταξη τριπλών αξόνων με μονούς τροχούς

Αυτά που έχουμε αναφέρει μέχρι στιγμής αφορούν την διάταξη μονού άξονα με μονούς τροχούς. Είναι αναγκαίο όμως να γνωρίζουμε την επιρροή των υπόλοιπων διατάξεων στα κρίσιμα εντατικά μεγέθη.

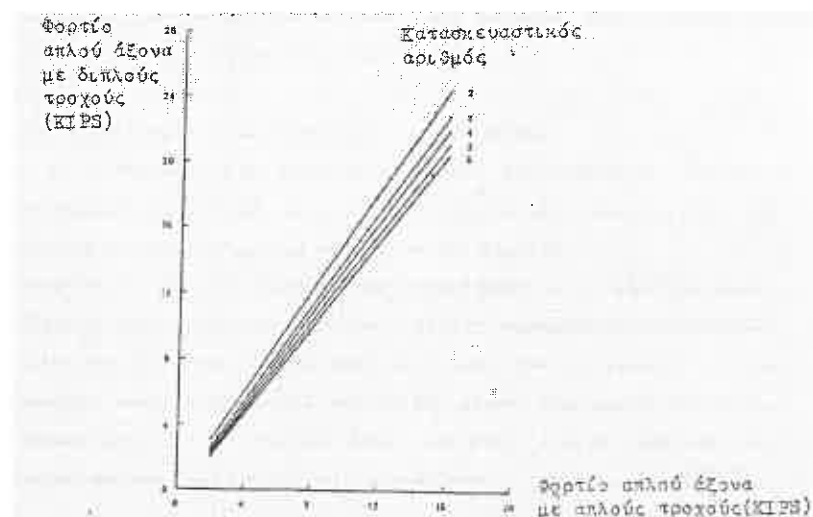
Σύγκριση αξόνων απλών τροχών με άξονες δίδυμων τροχών

Για να προσδιοριστούν οι επιρροές ενός φορτίου διπλού τροχού στις αναλύσεις πολλαπλών στρώσεων, έχει ευρύτατα χρησιμοποιηθεί ένα ισοδύναμο φορτίο μονού τροχού. Το μέγεθος του τυπικού φορτίου μονού τροχού υποθέτουμε ότι είναι ίσο με το πραγματικό ολικό φορτίο ενός συστήματος διπλού τροχού. Δύο τεχνικές έχουν χρησιμοποιηθεί για να υπολογισθούν οι ισοδυναμίες πίεσης επαφής προς επιφάνεια. Στην πρώτη η πίεση επαφής είναι ίση με την πίεση ενός τροχού του συστήματος του διπλού τροχού, ενώ στη δεύτερη η σταθερή ακτίνα του ισοδύναμου απλού τροχού είναι ίση με την ακτίνα ενός από τους δύο τροχούς του συστήματος διπλού τροχού. Η βάση προσδιορισμού των ισοδυναμιών μπορεί να γίνει θεωρώντας είτε ίσες κατακόρυφες τάσεις στην υπόβαση είτε ίσες μέγιστες κύριες εφελκυστικές παραμορφώσεις στην επιφανειακή στρώση. Το σχήμα 1-13 δείχνει τα αποτελέσματα αυτών των υποθέσεων στον υπολογισμό της μέγιστης εφελκυστικής παραμόρφωσης για συγκεκριμένη διατομή οδοστρώματος (διατομή P1 κατά J.DEACON).[2]



Σχήμα 1-13: Σύγκριση ισοδυναμιών απλών τροχών με διπλούς τροχούς[2]

Βλέπουμε ότι η υπόθεση ίσων πιέσεων δίνει αποτελέσματα που υπερεκτιμούν την παραπάνω παραμόρφωση κατά 12%-14%, ενώ η υπόθεση ίσων ακτινών την υπερεκτιμά κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό της τάξης των 30%-60%. Για τα παραπάνω έγινε η υπόθεση ότι η απόσταση μεταξύ των διπλών τροχών είναι τριπλάσια της σταθερής ακτίνας του ενός τροχού. Τελικά το συμπέρασμα είναι ότι ένα ισοδύναμο φορτίο μονού τροχού δεν μπορεί να περιγράψει με ακρίβεια τις επιρροές μιας διάταξης δίδυμου τροχού. Παρ' όλα αυτά είναι δυνατόν να προσδιοριστούν ισοδυναμίες μεταξύ αυτών και δίδυμων τροχών με την προϋπόθεση τα συνολικά φορτία των διατάξεων να είναι διαφορετικά. Μια κατάλληλη βάση ισοδυναμίας εδώ μπορεί να είναι η εξής: η επιλογή φορτίων των δύο διατάξεων που δημιουργούν κατά την διέλευση τους την ίδια φθορά που δημιουργεί ένας κατάλληλα επιλεγμένος τυπικός άξονας. Το σχήμα 1-14 δείχνει μια τέτοια σχέση για διάφορους κατασκευαστικούς αριθμούς οδοστρωμάτων. Στο ίδιο σχήμα βλέπουμε ότι ένα αξονικό φορτίο βάρους 8000 kgr πάνω σε δίδυμους τροχούς, ισοδυναμεί τελικά με ένα αξονικό φορτίο πάνω σε απλούς τροχούς με βάρος μεταξύ των 5000-6500 kgr.



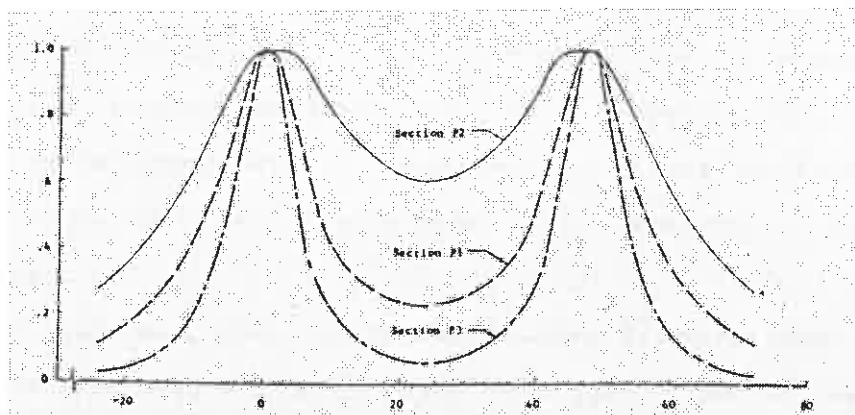
Σχήμα 1-14: Ισοδυναμία φόρτισης μεταξύ απλών και διπλών τροχών[2]

Συμπερασματικά, όπως προκύπτει και από την ανάλυση του J. Deacon, οι άξονες απλών τροχών προξενούν σχεδόν τριπλάσια φθορά σε ένα οδόστρωμα απ' ό,τι οι άξονες δίδυμων τροχών. Επομένως φαίνεται πόσο σημαντικό είναι οι διατάξεις αξόνων απλών τροχών να αναγνωρίζονται και να έχουν ξεχωριστή μεταχείριση απ' ό,τι οι διατάξεις αξόνων δίδυμων τροχών σε έρευνες ισοδυναμιών και μελέτες βαρών.

Σύγκριση μονών τροχών με διπλούς άξονες

Οι εφελκυστικές παραμορφώσεις που δημιουργούνται από την καταπόνηση διπλών αξόνων, είναι διαφορετικές από εκείνες που δημιουργούνται από μονούς άξονες σε δύο σημεία:

Πρώτον, η μέγιστη εφελκυστική παραμόρφωση κάτω από ένα διπλό άξονα είναι μικρότερη από την μέγιστη εφελκυστική παραμόρφωση από ένα μονό άξονα. Αυτό συνάγεται από το γεγονός ότι το δεύτερο τμήμα ενός διπλού συστήματος αξόνων δημιουργεί θλιπτικές παραμορφώσεις σε σημεία όπου κανονικά αναπτύσσονται μέγιστες κύριες εφελκυστικές παραμορφώσεις. Δεύτερον, οι σχέσεις των παραμορφωσιακών τιμών ανάλογα με αποστάσεις αξόνων του διπλού συστήματος παρουσιάζουν αυτό τον χαρακτηριστικό διπλό όγκο των καμπύλων τους, όπως φαίνεται στο *σχήμα 1-15*.



Σχήμα 1-15: Κατανομή παραμορφώσεων διπλού άξονα 36KIPS[2]

Παραμορφωσιακές καμπύλες του είδους που παρουσιάζεται στο *σχήμα 1-15* μπορούν να μετατραπούν σε καμπύλες φόρτισης αν θεωρήσουμε τις παραμορφώσεις ενός μόνο σημείου και ένα όχημα που κινείται με σταθερή ταχύτητα αντικαθιστώντας τον άξονα αποστάσεων του σχήματος με ένα άξονα χρόνων. Ένα τέτοιο όμως πρότυπο φόρτισης είναι αρκετά περίπλοκο και δυστυχώς δεν μπορεί να εξαχθεί καμιά πληροφορία, που να σχετίζεται με την αστοχία που μπορεί να προκληθεί από αυτό.

Για λόγους σύγκρισης στο *σχήμα 1-15* είναι σχεδιασμένες οι παραμορφωσιακές καμπύλες τριών διαφορετικών οδοστρωμάτων, ενός υψηλής ποιότητας (P2), ενός χαμηλής (P3) και του βασικού (P1) που αποτελεί την βάση της ανάλυσης και χαρακτηρίζεται σαν το πλέον συνηθισμένο προς χρήση. Για καμπύλες όπως εκείνη της διατομής P3, η διέλευση ενός διπλού άξονα επιτρέπει στην εφελκυστική παραμόρφωση ενός σημείου να διαμοιραστεί εξ ολοκλήρου στις δύο ανεξάρτητες εφαρμογές φορτίου. Άρα είναι αρκετά σωστό να θεωρήσουμε ότι η φθορά που προκαλεί η διέλευση ενός διπλού άξονα, στην προκειμένη περίπτωση, είναι ισοδύναμη με εκείνη που προκαλούν δύο ανεξάρτητες διελεύσεις του αντίστοιχου μονού άξονα.

Όσον αφορά τη διάταξη τριών αξόνων με μονούς τροχούς (super single), οι οποία πρόσφατα εμφανίστηκε στο οδικό δίκτυο, δεν υπάρχουν αρκετά στοιχεία ακόμα για τη φθορά που προκαλεί στο οδόστρωμα. Οι πρώτες έρευνες έχουν δείξει ότι η διέλευση διάταξης τριών αξόνων με μονούς τροχούς προκαλεί 16 φορές μεγαλύτερη φθορά από ότι οι διατάξεις αξόνων με δίδυμους τροχούς.[4]

1.4 ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΗΣ ΜΙΚΤΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΣΕ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΤΥΠΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ

Γενικά για τη διαστασιολόγηση ενός οδοστρώματος είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε δύο κυρίως παράγοντες, την φόρτιση που καλείται να παραλάβει το οδόστρωμα κατά τη διάρκεια της περιόδου λειτουργίας του καθώς και την ποιότητα των υλικών από τα οποία θα αποτελείται. Λόγω της φύσεως της καταπόνησης από τα φορτία της κυκλοφορίας, κανένα σημείο του οδοστρώματος δεν υπόκειται στην ίδια ακριβώς φόρτιση. Είναι απαραίτητο όμως για το σχεδιασμό να ευρεθεί μια αντιπροσωπευτική εντατική κατάσταση που να αποδίδει όσο το δυνατό καλύτερα τις υφιστάμενες συνθήκες.

1.4.1 Συντελεστές ισοδυναμίας

Η φθορά που προκαλείται από κάθε διέλευση ποικίλει και εξαρτάται από το φορτίο και τον τύπο του άξονα. Γι' αυτόν το λόγο είναι απαραίτητη η αναγωγή κάθε διέλευσης σε διέλευση Τυπικού Άξονα έτσι ώστε να διευκολύνεται ο έλεγχος του οδοστρώματος. Για την αναγωγή κάθε άξονα, που διέρχεται από το οδόστρωμα που μελετάμε σε αριθμό διελεύσεων του τυπικού άξονα που έχουμε ορίσει, χρησιμοποιούμε έναν κατάλληλο συντελεστή που καλείται Συντελεστής Ισοδυναμίας (ΣΙ).

Συντελεστής ισοδυναμίας ενός φορτίου P ορίζεται ο αριθμός των διελεύσεων του τυπικού φορτίου P_t που προκαλούν ισοδύναμη φθορά με αυτή που προκαλεί μια διέλευση του φορτίου P .

Για τον Συντελεστή Ισοδυναμίας F_i ενός φορτίου P_i θα ισχύει:

$$F_i = \frac{N_t}{N_i}$$

όπου N_t : οι επαναλήψεις του τυπικού φορτίου που απαιτούνται για την αστοχία

N_i : οι επαναλήψεις του φορτίου P_i που επιφέρουν την αστοχία

Έτσι όταν ένας άξονας έχει ΣΙ 0.25 σημαίνει ότι 0.25 διελεύσεις του τυπικού άξονα προκαλούν φθορά ίση με την φθορά του εξεταζόμενου άξονα ή ορθότερα 4 διελεύσεις του εξεταζόμενου άξονα προκαλούν την ίδια φθορά με 1 διέλευση του τυπικού άξονα. Εάν κατά την διάρκεια ζωής ενός οδοστρώματος παρατηρηθούν n_i διελεύσεις για κάθε συγκεκριμένο φορτίο P_i τότε το σύνολο της φθοράς θα είναι ισοδύναμο με αυτό που θα αντιστοιχεί σε N_t διελεύσεις του τυπικού φορτίου όπου:

$$N_i = \sum F_i * n_i$$

Πολλές φορές οι διελεύσεις N_i συσχετίζονται εμπειρικά με συγκεκριμένη δομή του οδοστρώματος και αυτή η δομή αποτελεί την βάση για τους περαιτέρω υπολογισμούς.[1]

Γενικά μπορούμε να πούμε ότι κάθε παράμετρος που έχει επίδραση στην απόκριση του οδοστρώματος όταν αυτό καταπονείται από τα φορτία της κυκλοφορίας επηρεάζει και τους ΣΙ. Πιο συγκεκριμένα μπορούμε να αναφέρουμε τις εξής:

1. Παράμετροι φόρτισης
 - α. Μέγεθος φορτίου
 - β. Πίεση ελαστικών
 - γ. Τύπος άξονα
 - (i) Απλός άξονας με μονούς τροχούς
 - (ii) Απλός άξονας με διπλούς τροχούς
 - (iii) Διπλός άξονας με διπλούς τροχούς
 - δ. Απόσταση μεταξύ διπλών αξόνων και διπλών τροχών
2. Παράμετροι οδοστρώματος
 - α. Μηχανικά χαρακτηριστικά χρησιμοποιούμενων υλικών
 - β. Απόκριση κατά την αστοχία (κάθε υλικού)
 - γ. Πάχος στρώσεων του οδοστρώματος
3. Παράμετροι αστοχίας
 - α. Μορφή καταπόνησης
 - β. Προσδιορισμός αστοχίας

1.4.2 Υπολογισμός ΣΙ κατά AASHO

Στο οδικό πείραμα AASHO [3] έγιναν οι πρώτες προσπάθειες για τον υπολογισμό των συντελεστών ισοδυναμίας. Η σχέση που εκφράζει τους ΣΙ κατά AASHO σε απλοποιημένη μορφή είναι η εξής:

$$\frac{N_i}{N_t} = \left(\frac{P_i}{P_t} \right)^n$$

όπου N_i ο αριθμός φορτίσεων του φορτίου P_i

N_t ο αριθμός φορτίσεων του φορτίου του τυπικού φορτίου P_t

n συντελεστής που εξαρτάται από το είδος και το πάχος του οδοστρώματος και τον τύπο του φορτίου

Στο οδικό πείραμα AASHO, ο συντελεστής n βρέθηκε ίσος περίπου προς 4.

Στη γενική σχέση υπολογισμού θεωρείται ότι ο αριθμός των επαναλήψεων έως την αστοχία περιγράφεται συναρτήσει της τιμής δυσκαμψίας του οδοστρώματος, παραμέτρων φορτίου και του τελικού επιπέδου που φτάνει η εξυπηρετικότητα του οδοστρώματος [4]. Οι τιμές των n_k είναι:

$$n_k = \zeta_k * 10^{\frac{G}{\zeta_k}}, \quad \zeta_k = \frac{10^{5.93} * (SN + 1)^{9.36} * L_2^{4.33}}{(L_1 + L_2)^{4.79}}, \quad G = \log \frac{4.2 - P_t}{4.2 - 1.5}$$

όπου SN είναι ο κατασκευαστικός αριθμός

L_1 το φορτίο του άξονα

L_2 παράμετρος που συσχετίζεται με τον τύπο του άξονα
($L_2=1$ για απλό άξονα $L_2=2$ για διπλό άξονα)

P_t το επίπεδο εξυπηρετικότητας

1.4.3 Αρχή Miner

Αν και η αρχή Miner [1] δεν αναφέρεται στους ΣΙ η λογική που την διέπει είναι ανάλογη με αυτή των ΣΙ και βοηθάει ουσιαστικά στην κατανόηση και εύρεση μιας αναλυτικής μεθόδου υπολογισμού των ΣΙ.

Σύμφωνα με την αρχή Miner, αν N_i οι μέγιστες επιτρεπόμενες διελεύσεις κάθε φορτίου i έτσι ώστε να μην επέλθει η αστοχία του οδοστρώματος και n_i είναι οι προβλεπόμενες διελεύσεις του φορτίου τότε για να μην αστοχήσει το οδόστρωμα θα πρέπει να ισχύει:

$$\frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2} + \dots + \frac{n_i}{N_i} \leq 1$$

Η πρακτική εφαρμογή της αρχής Miner έγκειται στο διαχωρισμό της κυκλοφορίας των οχημάτων σε ομάδες αξονικών φορτίων με κοινά χαρακτηριστικά (πολλαπλότητα αξόνων-τροχών φορτίο) και στον υπολογισμό για κάθε ομάδα του μεγίστου επιτρεπόμενου αριθμού διελεύσεων. Μέσω της αρχής Miner μπορούμε να βγάλουμε ορισμένα ποιοτικά συμπεράσματα για τον μηχανισμό φθοράς του οδοστρώματος από διαφορετικά φορτία. Έτσι μπορούμε να θεωρήσουμε ότι κάθε διέλευση ενός άξονα καταναλώνει ένα ποσοστό του οδοστρώματος που υπολογίζεται με βάση τον επιτρεπόμενο αριθμό διελεύσεων του συγκεκριμένου άξονα. Η φθορά αυτή λειτουργεί προσθετικά ανεξάρτητα με τον τύπο αξόνων.[1]

2 ΟΧΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΦΟΡΤΙΑ

Τα οχήματα που κυκλοφορούν σε μια οδό είναι ένα μίγμα από επιβατικά οχήματα, λεωφορεία, φορτηγά, ρυμουλκά με ημιρυμουλκούμενα και φορτηγά με ρυμουλκούμενα. Είναι σαφές ότι το φορτίο κάθε οχήματος ποικίλει από όχημα σε όχημα, όπως ποικίλει και ο αριθμός των αξόνων και των ελαστικών τροχών. Το φορτίο του οχήματος και η κατανομή αυτού μέσω των αξόνων και ελαστικών είναι άμεσα συνυφασμένο με την φθορά που προκύπτει από κάθε όχημα.

Για την προστασία των οδοστρωμάτων όλες οι χώρες έχουν θεσπίσει μέγιστα επιτρεπτά βάρη ανά τύπο οχήματος και κυρίως ανά άξονα. Στους πίνακες που ακολουθούν αναγράφονται τα ισχύοντα επιτρεπτά βάρη στην Ελλάδα και σε διάφορες χώρες του εξωτερικού.

Πίνακας2-1: Μέγιστα βάρη ανά άξονα ή ομάδα αξόνων για εθνικές μεταφορές[5]

Αριθμός αξόνων	Κατηγορία αξόνων	Βάρος (Kg)
Απλός άξονας	Διευθυντήριο (κινητήριο ή μη)	7000
	Μη διευθυντήριο και μη κινητήριο	10000
	Κινητήριο μη διευθυντήριο	13000
Ζεύγος αξόνων	Με απόσταση μικρότερη ή ίση του 1m ($a_{1,2} < 1m$)	10000
	Με απόσταση μεγαλύτερη των 2m ($a_{1,2} > 2m$)	Δεν αποτελούν ζεύγος
	Με απόσταση μεγαλύτερη του 1m και μικρότερη ή ίση των 2m ($1m < a_{1,2} < 2m$):	
	Διευθυντήριοι και οι δύο	10000
	Κανένας από τους δύο διευθυντήριοι	20000
	Ο ένας διευθυντήριοι και ο άλλος μη κινητήριοι και μη διευθυντήριοι	16000
	Ο ένας διευθυντήριοι και ο άλλος κινητήριοι και μη διευθυντήριοι	19000
Σύστημα τριών αξόνων	Με απόσταση μεταξύ ακραίων αξόνων μικρότερη ή ίση των 2m ($a_{1,3} < 2m$)	20000
	Με απόσταση μεταξύ ακραίων αξόνων μεγαλύτερη των 2m ($a_{1,3} > 2m$):	
	Κανένας διευθυντήριοι	30000
	Ο ένας διευθυντήριοι	26000
	Οι δύο διευθυντήριοι	23000
	Όλοι διευθυντήριοι	20000
Σύστημα τεσσάρων αξόνων	Θεωρούμε ότι αποτελείται από δύο ζεύγη αξόνων και εφαρμόζουμε τα ισχύοντα για τα ζεύγη αξόνων	

Πίνακας 2-1: Μέγιστα βάρη ανά άξονα ή ομάδα αξόνων για διεθνείς μεταφορές[5]

Αριθμός αξόνων	Κατηγορία αξόνων	Βάρος (Kg)
Οχήματα με κινητήρα		
Απλός άξονας	Μη κινητήριος	10000
	Κινητήριος	11500
Δίδυμοι άξονες	Με απόσταση $a_{1,2} < 1\text{m}$	11500
	Με απόσταση $1\text{m} < a_{1,2} < 1,3\text{m}$	16000
	Με απόσταση $1,3\text{m} < a_{1,2} < 1,8\text{m}$	18000 ή 19000
Ρυμουλκούμενα και ημιρυμουλκούμενα		
Σύστημα δύο αξόνων	Με απόσταση $a_{1,2} < 1\text{m}$	11000
	Με απόσταση $1\text{m} < a_{1,2} < 1,3\text{m}$	16000
	Με απόσταση $1,3\text{m} < a_{1,2} < 1,8\text{m}$	18000
	Με απόσταση $a_{1,2} > 1,8\text{m}$	20000
Σύστημα τριών αξόνων	Με απόσταση $(a_{1,2}, a_{2,3}) < 1,3\text{m}$	21000
	Με απόσταση $1\text{m} < (a_{1,2}, a_{2,3}) < 1,3\text{m}$	24000

Πίνακας 2-3: Μέγιστα βάρη σε τη ανά άξονα σε διάφορες χώρες[5]

ΧΩΡΑ	ΜΟΝΟΣ ΑΞΟΝΑΣ		ΔΙΑΥΜΟΣ	ΤΡΙΔΥΜΟΣ
	ΔΙΧΩΣ ΚΙΝΗΣΗ	ΜΕ ΚΙΝΗΣΗ		
Αγγλία	9-10		16 ή 20-26	Δεν καθορίζονται όρια
Αυστραλία	4,6-9		9-16,5	
Αυστρία	10	10	16	
Βέλγιο	10	13	20	
Γαλλία	13	13	21	
Γερμανία	10	10	16	
Γιουγκοσλαβία	10	10	16	
Δανία	10	10	16	
Ελβετία	10-12		18	
Η.Π.Α.	9	9	15,6	
Ιαπωνία	-	10	20	
Ιρλανδία	10	10,5	11-20	
Ισπανία	13	13	21	
Ιταλία	12	12	19	
Καναδάς	4,5-10		16-20	
Λουξεμβούργο	10	13	20	
Νορβηγία	10	10	16	
Ολλανδία	10	10	18	
Πορτογαλία	-	10	16	
Σουηδία	10	10	16	
Τουρκία	13	13	19	
Φινλανδία	10	10	16	
Ε.Ε	10	11,5	18	

Οι κατηγορίες των εμπορικών οχημάτων ταξινομούνται διεθνώς ως ακολούθως:

- Φορτηγά αυτοκίνητα (2, 3 ή 4 αξόνων)
- Ρυμουλκά με ημιρυμουλκούμενο ή νταλικά (3, 4, 5 ή 6 αξόνων)
- Φορτηγά με ρυμουλκούμενο (4, 5 ή 6 αξόνων)
- Νταλίκες με ρυμουλκούμενο (7, 8 ή 9 αξόνων)

Το μέγιστο μικτό βάρος του κάθε οχήματος είναι ανάλογο του αριθμού και του είδους των αξόνων, καθώς και των αποστάσεων μεταξύ των αξόνων. Ενδεικτικά μέγιστα επιτρεπτά βάρη αναγράφονται στους πίνακες που ακολουθούν:

Πίνακας 2-4: Μέγιστα επιτρεπόμενα βάρη έμπορτου οχήματος για εθνικές μεταφορές[5]

Είδος οχήματος	Βάρος (Kg)
Αυτοκίνητα	
Διαξονικά	19000
Τριαξονικά	26000
Τετραξονικά	33000
Ρυμουλκούμενα	
Μονοαξονικά	10000
Διαξονικά	19000
Τριαξονικά	26000
Τεσσάρων ή περισσότερων αξόνων	30000
Ημιρυμουλκούμενα	
Μονοαξονικά	19000
Διαξονικά	29000
Τριών ή περισσότερων αξόνων	32000
Αρθρωτά οχήματα	
Συνολικού αριθμού τριών αξόνων	29000
Συνολικού αριθμού τεσσάρων ή περισσότερων αξόνων	40000
Συρμοί	
Διαξονικό φορτηγό + μονοαξονικό ρυμουλκούμενο	26000
Τριαξονικό φορτηγό + μονοαξονικό ρυμουλκούμενο	33000
Τετραξονικό φορτηγό + μονοαξονικό ρυμουλκούμενο ή τριαξονικό, διαξονικό φορτηγό + ρυμουλκούμενο με δύο ή περισσότερους άξονες	40000

Πίνακας 2-5: Μέγιστα επιτρεπόμενα βάρη έμφορτου οχήματος για διεθνείς μεταφορές[5]

Είδος οχήματος	Βάρος (Kg)
Διαξονικό ρυμουλκούμενο	18000
Τριαξονικό ρυμουλκούμενο	24000
Διαξονικά οχήματα με κινητήρα	18000
Τριαξονικά οχήματα με κινητήρα	25000 ή 26000
Τετραξονικά οχήματα με κινητήρα	32000
Οδικοί συρμοί με πέντε ή έξι άξονες: - Διαξονικό όχημα με τριαξονικό ρυμουλκούμενο - Τριαξονικό όχημα με διαξονικό ή τριαξονικό ρυμουλκούμενο	40000
Αρθρωτά οχήματα με πέντε ή έξι άξονες: - Διαξονικό με τριαξονικό ημιρυμουλκούμενο - Τριαξονικό με διαξονικό ή τριαξονικό ημιρυμουλκούμενο - Τριαξονικό με διαξονικό ή τριαξονικό ημιρυμουλκούμενο που φέρει σε περίπτωση συνδυασμένης μεταφοράς εμπορευματοκιβώτιο ISO 40ft	40000 44000
Τετραξονικοί συρμοί αποτελούμενοι από διαξονικό φορτηγό με διαξονικό ρυμουλκούμενο	36000
Τετραξονικά αρθρωτά οχήματα που αποτελούνται από διαξονικό φορτηγό με διαξονικό ημιρυμουλκούμενο με απόσταση των αξόνων του ημιρυμουλκούμενου: - $1,3m < a_{1,2} < 1,8m$ - $1,8m < a_{1,2}$	36000 36000 ή 38000

Παρόλο που καθορίζονται μέγιστα επιτρεπτά βάρη οχημάτων και αξόνων, είναι σύνηθες φαινόμενο σε κάθε χώρα, ένα ποσοστό των οχημάτων να είναι υπέρβαρα, δηλαδή να κυκλοφορούν με φορτίο μεγαλύτερο του επιτρεπτού (αξονικού ή μικτού).

3 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

ΟΔΩΝ - ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Κατά το σχεδιασμό μιας οδού, μία από τις βασικότερες παραμέτρους είναι η αποτίμηση της κυκλοφορίας ή του κυκλοφοριακού φόρτου. Οι γεωμετρικές διαστάσεις των οχημάτων συμβάλλουν στον καθορισμό της γεωμετρίας της οδού κατά την οριζόντια διεύθυνση, ενώ τα βάρη των οχημάτων συμβάλλουν άμεσα στον καθορισμό της γεωμετρίας της οδού κατά την κατακόρυφη διεύθυνση. Είναι σαφές ότι σε μια οδό κυκλοφορούν διάφοροι τύποι οχημάτων με διαφορετικές διαστάσεις και φορτία. Η ποσοτική αποτίμηση του κυκλοφοριακού φόρτου σε μια και μοναδική έκφραση είναι αρκετά σύνθετο και δύσκολο εγχείρημα διότι η μονάδα αυτή θα πρέπει να εκφράζει ταυτόχρονα αριθμητικά, γεωμετρικά και δυναμικά χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας. Έτσι για την έκφραση του κυκλοφοριακού φόρτου χρησιμοποιούνται διεθνώς δύο βασικές μονάδες μέτρησης: η Μονάδα Επιβατικών Αυτοκινήτων (ΜΕΑ) και ο Ισοδύναμος Τυπικός Άξονας (Equivalent Standard Axial Loads-ESAL). Η ΜΕΑ χρησιμοποιείται για το σχεδιασμό της κυκλοφοριακής ικανότητας της οδού ενώ ο ESAL για τον σχεδιασμό της δομικής ικανότητας της οδού και ειδικότερα του οδοστρώματος.

3.1 ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Οι μετρήσεις κυκλοφοριακού φόρτου διεξάγονται είτε από παρατηρητές είτε από αυτόματα μηχανήματα. Στην πρώτη περίπτωση ο παρατηρητής σημειώνει τη διέλευση ενός οχήματος με μια γραμμή στο ειδικό έντυπο όπου αναγράφονται το είδος του οχήματος και ο χρόνος καταγραφής, ενώ για μεγάλους φόρτους μπορεί να χρησιμοποιηθεί μηχανικός μετρητής τον οποίο χειρίζεται ο ίδιος ο παρατηρητής. Στη δεύτερη περίπτωση μετρήσεις κυκλοφοριακού φόρτου γίνονται μέσω ενός αυτόματου μηχανήματος γνωστού ως μετρητής με πεπιεσμένο αέρα. Ο μετρητής αυτός αποτελείται από ένα ελαστικό σωλήνα μικρής διατομής που περιέχει αέρα και στερεώνεται στο οδόστρωμα. Όταν ένα όχημα περνάει πάνω από το σωλήνα ωθεί την ποσότητα αέρα μέσα στο σωλήνα, ενεργοποιεί το μετρητή και καταγράφεται μια μονάδα. Ο μετρητής αυτός μετράει άξονες οχημάτων και είναι συνήθως ρυθμισμένος ώστε να καταγράφει μια μονάδα για κάθε δύο ωθήσεις δηλαδή δύο άξονες.[6]

Είναι γνωστό ότι προκειμένου να εξασφαλιστεί η σωστή κατασκευή, συντήρηση και λειτουργία των οδών απαιτείται η γνώση των τιμών των παραμέτρων εκείνων, από τις οποίες εξαρτάται ο αξιόπιστος υπολογισμός των οδικών κατασκευών, σημαντικότερη των οποίων είναι τα οδοστρώματα. Μέχρι πρότινος υπήρχε σχεδόν πλήρης έλλειψη στοιχείων σχετικά με τα δυναμικά και τα στατικά στοιχεία των βαρέων οχημάτων τα οποία κινούνται στο εθνικό αλλά και στο πρωτεύον επαρχιακό οδικό δίκτυο. Τα στοιχεία φόρτισης ενός μικρού ποσοστού οχημάτων μπορούν να διαγνωστούν με τη βοήθεια γεφυροπλάστιγγας στατικού τύπου, αλλά τόσο το δείγμα όσο και η θέση όπου γίνονται μετρήσεις δεν μπορούν να θεωρηθούν αντιπροσωπευτικά για το οδικό δίκτυο και το σύνολο των βαρέων οχημάτων που κυκλοφορούν σ' αυτό. Ο προσδιορισμός των δυναμικών χαρακτηριστικών των βαρέων οχημάτων αποτελεί αντικείμενο μελέτης τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Αμερική και έχει ως σκοπό τη συλλογή στοιχείων που αφορούν τη φόρτιση και τα χαρακτηριστικά των βαρέων οχημάτων προκειμένου να εξασφαλιστεί η σωστή κατασκευή και λειτουργία των οδών.

3.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΞΟΝΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ 'ΕΝ ΚΙΝΗΣΕΙ' (WEIGHT-IN-MOTION)

Στις περισσότερες ανεπτυγμένες χώρες τα τελευταία χρόνια έχει καταγραφεί αύξηση της κυκλοφορίας και του αριθμού των βαρέων οχημάτων, δεδομένου ότι η πλειοψηφία των μεταφορών εκτελείται οδικώς. Επιπλέον, λόγω του ανταγωνισμού μεταξύ των εταιριών, ενώ υπήρξε βελτίωση στη διαχείριση της κυκλοφορίας, δεν αποφεύχθηκε η αύξηση των υπερφορτωμένων εμπορικών οχημάτων. Είναι κοινώς αποδεκτό ότι τα βαρέα οχήματα καταπονούν το οδόστρωμα και η καταπόνηση του ολοένα αυξάνει καθώς ένας σημαντικός αριθμός βαρέων οχημάτων κυκλοφορεί με μεγάλα φορτία. Ωστόσο η ανάγκη για τη διαφύλαξη της λειτουργικότητας του οδοστρώματος και τη συντήρησή του είχε ως αποτέλεσμα την απαίτηση στοιχείων όσον αφορά τα πραγματικά κυκλοφορούντα φορτία αλλά και τον όγκο της κυκλοφορίας. Η κατοχή στοιχείων που αφορούν την καταγραφή αξόνων, βάρη οχημάτων και κυκλοφορίας είναι απαραίτητη τόσο για οικονομικούς και στατιστικούς σκοπούς όσο και για λόγους διαχείρισης και ασφάλειας, κυρίως όμως αποτελούν το υπόβαθρο για το σχεδιασμό και τη συντήρηση οδοστρώματων. Στην προσπάθεια καταγραφής των

δυναμικών χαρακτηριστικών των βαρέων οχημάτων συνέβαλε μια σειρά από συσκευές γνωστές ως συστήματα Weight-in-motion (WIM), μέσω των οποίων εξασφαλίζονται ασφαλή στοιχεία που αφορούν τη φόρτιση και τα χαρακτηριστικά των βαρέων οχημάτων.

Η ανάπτυξη του WIM για την εκτίμηση αξόνων και βαρών οχημάτων έχει δρομολογηθεί τα τελευταία 20 χρόνια ιδίως στην Ευρώπη και τη Β. Αμερική. Ορισμένες χώρες, όπως η Γαλλία και το Ηνωμένο Βασίλειο, ανέπτυξαν συστήματα WIM από τη δεκαετία του 1970 και τα χρησιμοποιούν εδώ και δύο δεκαετίες, ενώ άλλες χώρες προσφάτως έχουν αρχίσει να τα αναπτύσσουν όπως η Πορτογαλία και η Ουγγαρία. Αρκετές χώρες έχουν ερευνήσει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν συστήματα WIM ή έχουν ήδη εγκαταστήσει ένα μικρό αριθμό. Στο τέλος της δεκαετίας του '80 παρουσιάστηκε έντονα η τάση για εξέλιξη και βελτίωση της τεχνολογίας WIM, απαιτώντας περισσότερο ακριβείς αισθητήρες και εξελιγμένα ηλεκτρονικά συστήματα. Σ' αυτό συνέβαλε και η Ευρωπαϊκή κοινότητα καθώς το 1992 δημιουργήθηκε η επιτροπή COST 323 (Cooperation of Science and Technology) με σκοπό να διευκολύνει τη συνεργασία μεταξύ των χωρών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Κατά τη διάρκεια της δράσης του COST 323, διαπιστώθηκε ότι χρειαζόταν περισσότερη έρευνα για το WIM, ώστε να εκπληρωθούν οι απαιτήσεις τόσο των διαχειριστών των οδών όσο και εκείνων που παίρνουν αποφάσεις. Το 1994 το τέταρτο Πρόγραμμα-Πλαίσιο (Framework Programme) της Ευρωπαϊκής Κοινότητας παρουσιάστηκε με συγκεκριμένο οδικό πρόγραμμα, μέρος του οποίου ήταν στο « Road Infrastructures» και καθήκον του ήταν να ελέγχει τους παράγοντες που επηρεάζουν το οδόστρωμα, αλλά και να διαφυλάσσει την υπάρχουσα νομοθεσία.[7]

Το Μάρτιο του 1995 προτάθηκε στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα ένα πρόγραμμα το Weight-in-Motion of Axle Vehicles for Europe ("WAVE") από μια ομάδα 11 ινστιτούτων από 10 χώρες. Το πρόγραμμα άρχισε το Σεπτέμβριο του '96 με σκοπό την περαιτέρω ανάπτυξη του WIM με σεβασμό στο οδικό δίκτυο και σ' όσους εργάζονται σ' αυτό. Αναλυτικότερα αντικείμενο του "WAVE" ήταν:[7]

- Η βελτίωση της ακρίβειας των συστημάτων WIM όσον αφορά την εκτίμηση των στατικών φορτίων από τις μετρήσεις των δυναμικών επιβαλλόμενων φορτίων/ φορτίσεων μέσω της χρήσης μιας σειράς αισθητήρων, των οποίων

τα αποτελέσματα τους μπορούν να επιτρέψουν την δυναμική αλληλεπίδραση μεταξύ οχήματος και οδοστρωμάτων.

- Η ανάπτυξη και βελτίωση της λειτουργίας και ακρίβειας των συστημάτων WIM για τις γέφυρες (Bridge-WIM) μέσω ενός πιο εξεζητημένου μοντέλου αλληλεπίδρασης οχήματος / γέφυρας και επέκταση των Bridge-WIM σ' ένα ευρύτερο βεληνεκές σε τύπους γεφυρών.
- Η ανάπτυξη κοινών τύπων/μορφών, δεδομένων δομής και ποιοτικών διαδικασιών για τη διευκόλυνση της σύγκρισης των δεδομένων WIM στην Ευρώπη, για την αύξηση της αξιοπιστίας τέτοιου είδους δεδομένων και την προαγωγή αξιόπιστων πληροφοριών στους κατασκευαστές.
- Η πραγματοποίηση δοκιμών υπαίθρου για τα συστήματα WIM με έμφαση σε παγερές περιοχές όπου τα οδοστρώματα είναι αδύναμα / ευαίσθητα στην περίοδο που λιώνουν οι πάγοι και οι αισθητήρες είναι ευαίσθητοι με στόχο τον προσδιορισμό της διάρκειας ζωής τους και της απόδοσης τους σε ποικίλες κλιματολογικές συνθήκες.
- Η ανάπτυξη καινούργιας τεχνολογίας WIM βασιζόμενη σε οπτικές ίνες που έχουν σημαντικές δυνατότητες σε θέματα ποιότητας και δεν υπάρχει μεγάλη ευαισθησία σε σκληρές κλιματολογικές συνθήκες.
- Η βελτίωση των ήδη υπάρχοντων μεθόδων όσον αφορά τις διαδικασίες ρύθμισης (βαθμονόμηση), που εφαρμόζονται σε όλους τους τύπους συστημάτων WIM και στις κλιματολογικές συνθήκες της Ευρώπης, ώστε να προσδιοριστεί η αξιοπιστία του WIM.

Τα κύρια αποτελέσματα από το πρόγραμμα ήταν:[7]

- Η ανάπτυξη δύο νέων αλγορίθμων για τα Multiple Sensor-WIM (MS-WIM), ενός πραγματικού (deterministic) που βασίζεται σε μια σημαντική μαθηματική αναπαράσταση και ενός πιθανοτικού που βασίζεται στην προσαρμογή κατανομών στις μετρήσεις. Ωστόσο, η ορθότητα αυτών των μεθόδων παραμένει σε θεωρητικό επίπεδο καθώς δίνει υψηλότερα αποτελέσματα από αυτά των αισθητήρων. Η έρευνα επηρεάστηκε από το μικρό ποσοστό των διαθέσιμων δεδομένων και από κάποιες δυσκολίες που προέκυψαν στα πειράματα που διεξήχθησαν στη Γαλλία και το Ηνωμένο Βασίλειο. Αυτό οδήγησε στο συμπέρασμα ότι οι αλγόριθμοι είναι αναπόδεικτοι, αλλά υποσχέσιμοι για την ουσιαστική αύξηση της αξιοπιστίας που σχετίζεται με την απλή μέθοδο των μέσων όρων και ότι η επίδοση των

αισθητήρων θα αυξηθεί. Τα MS-WIM προσδοκάται να χρησιμοποιηθούν για νόμιμη εφαρμογή στο άμεσο μέλλον.

- Οι αλγόριθμοι στο Bridge-(B-)WIM βελτιώθηκαν με σκοπό την αύξηση ακρίβειας και την επέκταση της επίδοσης τους σε μια σημαντική σειρά από τύπους γεφυρών. Αναπτύχθηκε μια νέα προσέγγιση με ένα σύστημα που απαιτούσε να μην υπάρχει ανιχνευτής αξόνων στην επιφάνεια του οδοστρώματος(Free of Axle Detector, FAD). Επιτεύχθηκε μια καλή ακρίβεια στα συστήματα B-WIM η οποία συγκρίνεται εύκολα με αυτή των συστημάτων MS-WIM και με μεγάλη διάρκεια. Τα τεστ που πραγματοποιήθηκαν σε διάφορους τύπους γεφυρών οδήγησαν στην ανάπτυξη ενός προγράμματος για την διευκόλυνση των επιδόσεων του B-WIM τόσο σε πραγματικό χρόνο όσο και εκτός λειτουργίας. Τα Bridge-WIM συστήματα δεν κοστίζουν πολύ, είναι φορητά, με διάρκεια και χρησιμοποιούνται σε όλους τους τύπους γεφυρών χωρίς να ενοχλούν την κυκλοφορία. Ο τύπος FAD δεν περιλαμβάνει τίποτα όσον αφορά την επιφάνεια της οδού, τοποθετείται εύκολα και επιπλέον οι χρήστες της οδού δεν το ανιχνεύουν. Τα B-WIM συστήματα συλλέγουν δεδομένα όσον αφορά τις επιδράσεις των κυκλοφορούντων φορτίων με στόχο την επιδιόρθωση των γεφυρών όπου χρειάζεται και τη μείωση της ενόχλησης της κυκλοφορίας και επιπλέον έχουν γίνει μέλος της “Intelligent Bridge Motoring Systems”.
- Η χρήση ενός τύπου οπτικής ίνας ως βάση για ένα νέο αισθητήρα WIM. Αναπτύχθηκε ένα οπτικοηλεκτρονικό σύστημα για ένα νέο αισθητήρα που είναι ικανό να προσαρμοστεί σε σύστημα MS-WIM με οπτικές ίνες. Εργαστηριακά τεστ εκτελέστηκαν για να προσδιορίσουν την επίδοση του και επιπλέον εξετάστηκε ένα φωτοτυπικό (phototype) σύστημα. Το σύστημα μπορεί να λειτουργήσει για στατικό όχημα ή για μεγάλες ταχύτητες, ανεξάρτητο από το φορτίο, εξαρτημένο όμως από τη θερμοκρασία. Επιπλέον είναι απαλλαγμένο από τον ηλεκτρομαγνητισμό που σημαίνει ότι οι αισθητήρες μπορούν να βρίσκονται κοντά σε υψηλής τάσης καλώδια. Η χρήση ηλεκτρικού ρεύματος στο σύστημα δεν είναι απαραίτητη και η απόσταση μεταξύ αισθητήρων και ηλεκτρονικής κεφαλής είναι από 2 km και άνω. Για ένα όχημα το σφάλμα κυμαίνεται στο διάστημα (-300N, 300N) το οποίο χαρακτηρίζεται χαμηλό. Συνδυάζοντας το σφάλμα στο στατικό βάρος και το απόλυτο σφάλμα παρατηρήθηκε μεγάλη ακρίβεια στα βαρέα αξονικά φορτία. Οι αισθητήρες με οπτικές ίνες ενθαρρύνουν για ικανοποιητικά αποτελέσματα και προβλέπεται ότι αυτή η τεχνολογία

πρόκειται να εξελιχθεί με αποτέλεσμα να υπάρξουν περισσότερες πληροφορίες και πάνω στον τύπο πίεσης, την ταχύτητα, την δυναμική των οχημάτων κτλ.

- Η βαθμονόμηση των συστημάτων WIM είναι ένα κύριο θέμα για την αξιοπιστία των δεδομένων. Ωστόσο οι αισθητήρες είναι ευαίσθητοι σε παραμέτρους όπως το κλίμα, η κατάσταση της οδού, οι κυκλοφοριακές συνθήκες με αποτέλεσμα η βαθμονόμηση να μην αποτελεί τυποποιημένη διαδικασία κατασκευαστή, αλλά χρήστη. Οι μέθοδοι βαθμονόμησης που προτείνονται από τις ευρωπαϊκές προδιαγραφές για τα συστήματα WIM, χρησιμοποιήθηκαν σε διαφορετικές περιοχές και με όλους τους τύπους αισθητήρων και αποδείχθηκαν αποτελεσματικές. Τα MS-WIM πρέπει να βαθμονομούνται με τα αληθινά επιβαλλόμενα φορτία μέσω της χρήσης ενός οχήματος ως όργανο και όχι με στατικά βάρη ή χαμηλές ταχύτητες, παραλείποντας τις δυναμικές επιδράσεις.
- Τεστ στα WIM συστήματα σε κρύα και ορεινά κλίματα κάτω από δυσμενείς συνθήκες πραγματοποιήθηκαν στη βόρεια Σουηδία και συγκεκριμένα σε δύο σημεία των Σουηδικών Άλπεων. Τα περισσότερα συστήματα αντιμετώπισαν προβλήματα σε διαφορετικά σημεία, αλλά όλα άντεξαν κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Η ακρίβεια αυτών των συστημάτων εξαρτάται από την τεχνολογία και στις περισσότερες περιπτώσεις ποικίλει με το χρόνο και τη θερμοκρασία.

Ολοκληρώνοντας, εκτός από την ανάπτυξη μεθόδων που αφορούν την ακρίβεια, την αξιοπιστία και τη βελτίωση των συστημάτων WIM, στόχο του WAVE αποτελεί η ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των διαφόρων χωρών. Αιτία αποτελεί η διαφοροποίηση σε παραμέτρους που αφορούν κυρίως τον τρόπο συλλογής στοιχείων. Η συλλογή στοιχείων διεξάγεται με τη χρήση διαφορετικών συσκευών καταγραφής και τύπων αισθητήρων σε διάφορες χώρες, ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες και τη σύνθεση κυκλοφορίας.

4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ - ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ

Για την επισκόπηση του οδικού δικτύου όσον αφορά τα αξονικά φορτία, χρησιμοποιούνται ειδικές συσκευές οι οποίες τοποθετούνται πάνω στην επιφάνεια του οδοστρώματος και καταγράφουν το φορτίο κάθε άξονα καθώς το όχημα κινείται. Οι συσκευές αυτές έχουν τη δυνατότητα καταγραφής κι άλλων χρήσιμων χαρακτηριστικών των οχημάτων, όπως: ταχύτητα, μήκος, απόσταση διαδοχικών αξόνων κ.ά. Η καταγραφή γίνεται αυτόματα από κατάλληλη ηλεκτρονική συσκευή και έτσι παρέχεται η δυνατότητα επεξεργασίας των αποτελεσμάτων από ηλεκτρονικό υπολογιστή.

4.1 DAW 300

Το DAW 300 είναι ένα φορητό σύστημα WIM, το οποίο μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιαδήποτε επίπεδη περιοχή σε πολύ λίγο χρόνο. Έχει την ικανότητα να ζυγίζει άξονες έχοντας ως μέγιστο όριο ανά άξονα τους 20 τόνους σε οχήματα με ταχύτητα άνω των 65km/h, μέσω των μόνιμα τοποθετημένων καμπτόμενων δίσκων.



Εικόνα 4-1: Daw 300[8]

Ο μικροεπεξεργαστής του ελέγχεται ηλεκτρονικά και έχει τοποθετηθεί σε μια μεταλλική φορητή εσώκλειστη κατασκευή διαστάσεων 49.5 cm x 34.5 cm x 19.1 cm και βάρους 6 kg. Τα όρια βάρους για κάθε άξονα είναι προγραμματισμένα και κυμαίνονται από 498 kg -910 kg , ενώ σε περίπτωση που κάποιο όχημα τα υπερβεί ακούγεται ένας έντονος ήχος. Όσον αφορά τις

ταχύτητες των οχημάτων που μπορεί να καταγράψει αυτές κυμαίνονται από 5-65 km/h έχοντας ακρίβεια $\pm 3\%$ για ταχύτητες πάνω από 8 και $\pm 4\%$ για ταχύτητες από 13-24 km/h. Οι πλάστιγγες έχουν βάρος 67.9 kg και μέγεθος 116.8 cm x 50.8 cm x 2.3 cm και λειτουργούν σε θερμοκρασίες από -40°C έως 80°C . Στις ίδιες περίπου θερμοκρασίες λειτουργεί και ο μικροεπεξεργαστής (-35°C έως 70°C) [8].

4.2 ADR-2000/3000 Plus - WIM

Το ADR-2000 Plus είναι μία φορητή άκρως λειτουργική μονάδα. Βασική της λειτουργία είναι η μέτρηση/ κατάταξη οχημάτων με τη χρήση 2 ή 4 αισθητήρων (road tubes). Ωστόσο με ένα συνδυασμό βρόχων ή πιεζοηλεκτρικών αισθητήρων μέσω των προαιρετικών sensor modules το ADR-2000 Plus μπορεί να παρακολουθεί πάνω από 42 εισαγωγές (inputs). Οι διαθέσιμοι τύποι δεδομένων περιλαμβάνουν καταγραφές ανά όχημα, ανά λωρίδα και κατάταξη των οχημάτων με βάση τους άξονες, την ταχύτητα, το χωρικό διαχωρισμό και τα κενά.

Το ADR-3000 Plus είναι μια μόνιμη μονάδα, η οποία εξασφαλίζει μονάδα CPU και PMU με μπαταρία, 8-θυρη υποδοχή πιεζοηλεκτρικού αισθητήρα, 8-θυρη υποδοχή βρόχων και μια θύρα επικοινωνίας με 19,200 baud τηλεμετρικών ευκολιών. Με τις ποικίλες επιλογές το ADR-3000 Plus μπορεί να καταγράφει πάνω από 64 ή να κατατάσσει την κυκλοφορία 32 λωρίδων και άνω περιλαμβάνοντας πάνω από 24 υποδοχές για WIM αισθητήρες. Πολλά αποκλειστικά χαρακτηριστικά ενσωματώθηκαν στο ADR-3000 Plus, ενώ το ηλεκτρονικό CPU προσαρμόστηκε με μια αντικαταστάσιμη υποδοχή ασφαλείας για προστασία ενάντια σε βραχυκύκλωμα και περαιτέρω ζημιά. Μπροστά στο ταμπλό τοποθετήθηκε το LEDs που δείχνει την επιτυχημένη έναρξη του μικροεπεξεργαστή αναβοσβήνοντας 2 φορές. Επίσης το LEDs προειδοποιεί για τυχόν λάθη, δείχνει την επικοινωνιακή δραστηριότητα και την κατάσταση του μηχανήματος, ενώ υπάρχει και ένας διακόπτης που χρησιμοποιείται για την επανεκκίνηση του CPU.

Η προηγμένη τεχνολογία κάρτα ADR-WIM μπορεί να εγκατασταθεί στο ADR-1000/2000/3000 διαμορφωμένη μόνιμα ή μη. Η εγκατάσταση κάρτας WIM δίνει τη δυνατότητα στο ADR τα εμπορικά οχήματα που κυκλοφορούν στις εθνικές οδούς, ενώ παράλληλα διατηρεί και τις πλήρεις

λειτουργίες των ADR-1000/2000/3000 που αναφέρονται στην κατάταξη και κατηγοριοποίηση οχημάτων.



Εικόνα 4-2: ADR-3000 WIM[9]

Χρησιμοποιώντας 1 ή 2 πιεζοηλεκτρικούς αισθητήρες οι μορφές δεδομένων που μπορούν να συλλεχθούν είναι: ο χρόνος διέλευσης των οχημάτων από τη διατομή, η ταχύτητα του οχήματος, το βάρος των εμπορικών οχημάτων, η θερμοκρασία του οδοστρώματος, τα βάρη και οι αποστάσεις αξόνων, ο χωρικός διαχωρισμός, η κυκλοφοριακή ροή, τα ESALs και οι καταγραφές ανά όχημα.[9]

4.3 MARKSMAN 671/2

Το Marksman 671/2 της GOLDEN RIVER προσφέρει μεγάλη αποδοτικότητα και αποτελεσματικότητα στις λειτουργικές επιδράσεις του βάρους των οχημάτων. Μέσω αυτής της συσκευής μπορούν να προσδιοριστούν τα υπέρβαρα οχήματα με βάση το ολικό βάρος τους, το αξονικό φορτίο ή τον τύπο τους.



Εικόνα 4-3: MARKSMAN 671/2[10]

Για την απαίτηση υψηλού επιπέδου ακρίβειας όσον αφορά το βάρος, χρησιμοποιούνται πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες, οι οποίοι προσφέρουν μεγάλη ακρίβεια σε συνδυασμό με μεγάλη διάρκεια ζωής προάγοντας μ' αυτό τον τρόπο ικανοποιητικό επίπεδο αποδοτικότητας. Οι λειτουργίες του Marksman 671/2 έγκεινται στην κατάταξη των δεδομένων που λαμβάνει από τα

διερχόμενα οχήματα με βάση το συνολικό βάρος τους, το αξονικό βάρος, την ταχύτητα, το μήκος των οχημάτων, το κενό, το χωρικό διαχωρισμό και να τα κατηγοριοποιεί. Όλα τα δεδομένα συλλέγονται είτε ανά λωρίδα είτε ανά κατεύθυνση. Τέλος η συσκευή έχει διαστάσεις 25cm*14.5cm*19cm και ζυγίζει 4,9kg, ενώ η θερμοκρασία λειτουργίας της κυμαίνεται από -40°C έως 80°C.[10]

4.4 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ

Το TRAFMAN είναι το κύριο λογισμικό που χρησιμοποιείται στους μετρητές κυκλοφορίας και στα όργανα για την κατάταξη της κυκλοφορίας. Σχεδιάστηκε για να προσδώσει ταχύτητα και εύκολη χρήση στην ανάλυση κυκλοφοριακών δεδομένων, καθώς μέσω αυτού του προγράμματος ανακτώνται τα δεδομένα κυκλοφορίας από τα όργανα ώστε στη συνέχεια να αναλυθούν και να επεξεργαστούν. Σε συνδυασμό με τα όργανα μέτρησης, το TRAFMAN προσφέρει υψηλό επίπεδο στη συλλογή και ανάλυση δεδομένων, στην σύνταξη χαρακτηριστικών και στον χειρισμό αρχείων. Το πρόγραμμα αυτό μπορεί και προσαρμόζεται σε όλες τις ανάγκες των χρηστών προσφέροντας αρκετές λειτουργίες, οι οποίες έγκεινται στον προγραμματισμό, έλεγχο και στη λήψη δεδομένων από κάθε υποστηριζόμενο μετρητή κυκλοφορίας. Παράλληλα στο File directory περιλαμβάνονται εντολές απόρριψης, εισαγωγής και μετατροπής οι οποίες ολοκληρώνουν τις λειτουργίες του προγράμματος, επιτρέποντας και το χειρισμό άλλων αρχείων.

Αναλυτικότερα από το κεντρικό μενού ο χρήστης έχει πρόσβαση σε όλες τις επιλογές του TRAFMAN, οι οποίες οργανώνονται σε τέσσερα μέρη: στον μετρητή, στην περιοχή δεδομένων, στα αρχεία και στην εγκατάσταση. Ο μετρητής περιέχει όλα τα μέρη του TRAFMAN που σχετίζονται με τους μετρητές κυκλοφορίας, την ανάκτηση δεδομένων και το modem. Χρησιμοποιώντας αυτή την επιλογή ο χρήστης μπορεί να ανακτά δεδομένα να αρχίζει και να σταματά τη συλλογή τους κτλ. Οτιδήποτε αφορά τους μετρητές κυκλοφορίας γίνεται από αυτή την επιλογή.

Στην περιοχή δεδομένων περιέχονται όλες οι λειτουργίες του TRAFMAN και χρησιμοποιείται για δεδομένα που έχουν ήδη εισαχθεί εκεί. Αποτελείται από τα επιμέρους αρχεία: Raw database, Bin database, Count database, Sensor database και Wim database. Στην βάση δεδομένων Raw αποθηκεύονται για κάθε όχημα πληροφορίες όσον αφορά το χρόνο, την ταχύτητα, τον αριθμό των

αξόνων, την απόσταση τους, το ολικό μήκος και την κατάταξη bin. Στην βάση δεδομένων Bin περιλαμβάνονται για κάθε όχημα οι ίδιες πληροφορίες που βρίσκονται και στην περιοχή δεδομένων Raw με τη διαφορά ότι μπορούμε να έχουμε και τον αριθμό Bin του οχήματος. Κάθε Bin αντιπροσωπεύει την κατηγορία που ανήκει το όχημα. Υπάρχουν 5 διαφορετικοί αριθμοί Bin που αφορούν τους άξονες, την ταχύτητα, το μήκος, το κενό και το χωρικό διαχωρισμό και επιλέγονται από το χρήστη κατά τη ρύθμιση του οργάνου. Στην βάση δεδομένων Count λαμβάνονται πληροφορίες για τον αριθμό των οχημάτων που έχουν καταμετρηθεί ανάλογα με το χρονικό διάστημα που έχει επιλεγεί κατά τη ρύθμιση του οργάνου (ανά δεκάλεπτο, ανά 1 ώρα κτλ). Στη βάση δεδομένων Sensor υπάρχουν αποθηκευμένοι όλοι οι παλμοί των αισθητήρων με τον ακριβή χρόνο χτυπήματος. Ο αναλυτής μπορεί να έχει στη διάθεση του ένα ακριβές αντίγραφο από το τι «είδε» ο μετρητής στην οδό. Στην βάση δεδομένων Wim υπάρχουν αποθηκευμένες πληροφορίες για κάθε όχημα όσον αφορά τον αριθμό των αξόνων του, το ολικό βάρος του αλλά και το βάρος στους επιμέρους άξονες του, την ταχύτητά του, το μήκος του καθώς και την απόσταση των αξόνων.[11]

5 Η ΣΥΣΚΕΥΗ TC/C 540 - WIM

5.1 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ TC/C 540

Το TC/C 540 (εικόνα 5-1) είναι μία φορητή συσκευή συλλογής στοιχείων κυκλοφορίας με χρήση στην επιφάνεια του οδόστρωμα, σε συνδυασμό με ένα από τους διαφορετικούς τύπους αισθητήρων. Η ταχύτητα, το μήκος και ο αριθμός των αξόνων είναι μερικά από τα στοιχεία που μπορεί το TC/C 540 να συλλέξει.



Εικόνα 5-1: TC/C 540[12]

Το TC/C 540, όπως φαίνεται στο σχήμα, έχει ορθογώνιο σχήμα με διαστάσεις 27cmx36cmx18cm και ζυγίζει 6,8 κιλά. Για να λειτουργήσει από άποψη ενέργειας χρειάζονται δύο επαναφορτιζόμενες μπαταρίες των 6Volt (12A) και όσον αφορά τις καιρικές συνθήκες από -40°C έως 72°C και 20% έως 90% υγρασία.

Για τον προγραμματισμό και τη λειτουργία του, διαθέτει οθόνη υγρών κρυστάλλων (LCD) τεσσάρων γραμμών και ογδόντα χαρακτήρων (είκοσι ανά γραμμή) και πληκτρολόγιο δεκαέξι κουμπιών (10 αλφαριθμητικά πλήκτρα, “ALT”, “ENTER”, “SPACE”, “CLEAR”, “←”, “→”).

Τέλος, διαθέτει και τέσσερις σειριακές θύρες με συγκεκριμένη λειτουργία η καθεμία. Στη πρώτη συνδέονται βρόγχοι, ένα είδος αισθητήρων που τοποθετούνται στο κέντρο της λωρίδας. Στη δεύτερη συνδέονται πιεζοηλεκτρικοί ή άλλου είδους αισθητήρες. Οι πιεζοηλεκτρικοί τοποθετούνται κάθετα στη λωρίδα και έχουν τις ίδιες δυνατότητες με τους βρόγχους συν την καταγραφή αξόνων. Στην τρίτη θύρα συνδέεται ο υπολογιστής ή το modem, για συλλογή

των στοιχείων που έχει καταγράψει το όργανο. Η τελευταία θύρα χρησιμοποιείται για την επαναφόρτιση των μπαταριών του TC/C 540.[12]

5.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ

Η συσκευή TC/C 540 έχει τη δυνατότητα καταγραφής των δυναμικών χαρακτηριστικών των οχημάτων και πιο συγκεκριμένα το συνολικό βάρος, το βάρος ανά άξονα, την απόσταση και τον αριθμό των αξόνων, το μήκος οχήματος και το χωρικό διαχωρισμό μεταξύ δύο διαδοχικών οχημάτων. Ωστόσο στις δυνατότητες της συσκευής περιλαμβάνεται και ο προσδιορισμός των υπέρβαρων οχημάτων μέσω ηχητικής προειδοποίησης αλλά και η καταγραφή εσωτερικής θερμοκρασίας και θερμοκρασίας περιβάλλοντος.

Η τοποθέτηση του πραγματοποιήθηκε σε τμήματα οδού στα οποία δεν παρατηρούνται αλλοιώσεις στα χαρακτηριστικά κίνησης των οχημάτων. Ειδικότερα η συσκευή εγκαθίσταται σε ευθύγραμμα τμήματα (ευθείες), ώστε να εξασφαλίζεται η καθετότητα των αισθητήρων στην κυκλοφορία και η παραλληλία μεταξύ τους. Επίσης επιβάλλεται να αποφεύγεται η τοποθέτηση του σε κόμβους (σημεία συμβολής και χωρισμού) ώστε να διασφαλίζεται σταθερή ροή κυκλοφορίας για αρκετά μεγάλο τμήμα της οδού.

Το TC/C 540 περιλαμβάνει ένα βασικό μενού, που διαφοροποιείται ανάλογα με το αν συλλέγει δεδομένα ή όχι.[12]

5.2.1 ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΜΕΝΟΥ

Το μενού αυτό εμφανίζεται όταν θέτουμε σε λειτουργία το TC/C 540 και είναι έτοιμο να ξεκινήσει τη συλλογή δεδομένων. Επιγραμματικά, περιλαμβάνει τις ακόλουθες επιλογές:[12]

- Start collecting
- Delete files
- Show status
- Test sensors
- Time of shutdown
- Configure system
- View lane totals
- Cold restart

ΕΝΑΡΞΗ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ (START COLLECTING)

Αποτελεί την κύρια επιλογή, όπου περιλαμβάνονται μια σειρά ερωτήσεων για τον καθορισμό των λωρίδων και τον προγραμματισμό για τη συλλογή στοιχείων. Οι ερωτήσεις διακρίνονται σε γενικές και ειδικές, ανάλογες με το είδος συλλογής-αποθήκευσης στοιχείων (Raw, Binned, Count, Sensor, WIM, WIM+Bin).

Οι γενικές ερωτήσεις αφορούν πληροφορίες όσον αφορά τη τοποθεσία εγκατάστασης του TC/C 540, τις λωρίδες που καταγράφει την κυκλοφορία, την τρέχουσα ώρα, την πλήρη ημερομηνία, ο χρόνος έναρξης και λήξης της καταγραφής. Οι ειδικές ερωτήσεις της λειτουργίας Raw αφορούν πληροφορίες για την λωρίδα και την κατεύθυνση κίνησης των οχημάτων, τον τρόπο λειτουργίας και την απόσταση των αισθητήρων και τον τύπο συλλογής στοιχείων (Normal, Enhanced, Bins, Enhanced & Bins). Στη λειτουργία Binned περιλαμβάνονται οι ερωτήσεις της Raw καθώς και τι συγκεντρωτικά στοιχεία θέλουμε (άξονες, ταχύτητα, μήκος κ.ά.) και ανά πόσο χρονικό διάστημα. Οι ερωτήσεις της λειτουργίας Count είναι όμοιες με της Binned, με τη διαφορά ότι συγκεντρώνει μόνο το πλήθος των οχημάτων. Στη λειτουργία Sensor οι ερωτήσεις αφορούν τη λωρίδα και το είδος του αισθητήρα. Οι λειτουργίες WIM και WIM+Bin είναι αυτές που επιλέγονται ώστε η συσκευή να συλλέξει και τα βάρη (οχημάτων και αξόνων).[12]

ΔΙΑΓΡΑΦΗ ΦΑΚΕΛΩΝ (DELETE FILES)

Η επιλογή αυτή αφορά τη διαγραφή φακέλων που είναι αποθηκευμένοι στη μνήμη του TC/C 540. Υπάρχει η δυνατότητα διαγραφής είτε όλων των φακέλων είτε επιλεκτικά ορισμένων. Σε κάθε περίπτωση εμφανίζεται και η ερώτηση επιβεβαίωσης της διαγραφής για λόγους ασφάλειας.[12]

ΠΡΟΒΟΛΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ (SHOW STATUS)

Η επιλογή Show status επιτρέπει τον έλεγχο της κατάστασης στη οποία βρίσκεται το TC/C 540 και πραγματοποιείται πάντα μετά τη Start collecting για να επιβεβαιωθούν οι ρυθμίσεις που έγιναν. Περιλαμβάνει πληροφορίες για το μέγεθος της μνήμης (ολικής και ελεύθερης), το πλήθος των αποθηκευμένων φακέλων, τη σύνδεση βρόχων ή αισθητήρων, την ώρα, την ημερομηνία και την κατάσταση της μπαταρίας.[12]

ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ (TEST SENSORS)

Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο λειτουργίας των αισθητήρων (βρόγχοι ή πιεζοηλεκτρικοί) που είναι συνδεδεμένοι με το TC/C 540. Ειδικά, για τους πιεζοηλεκτρικούς παρέχεται η δυνατότητα καθορισμού της ευαισθησίας από 10% ως 100% για καθένα χωριστά.[12]

ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ (CONFIGURE SYSTEM)

Η επιλογή αυτή επιτρέπει στον χρήστη να διαμορφώσει λειτουργίες όπως το είδος αποθήκευσης, ο τρόπος εμφάνισης ημερομηνίας και ώρας, τον αυτόματο χειρισμό φακέλων, τις μονάδες μέτρησης που θα χρησιμοποιηθούν στην καταγραφή, τα λάθη στην καταγραφή (SnMis), τη μέγιστη απόσταση αξόνων και το modem.

Στο είδος αποθήκευσης περιλαμβάνονται οι επιλογές Raw, Binned, Count, Sensor με τα χαρακτηριστικά που έχουν αναφερθεί προηγουμένως. Στο αυτόματο χειρισμό φακέλων το TC/C 540 προγραμματίζεται για το πώς θα ανταποκριθεί όταν γεμίσει η μνήμη του, καθώς και για το χρονικό εύρος των φακέλων. Οι δυνατότητες στις μονάδες μέτρησης είναι είτε το αγγλοσαξονικό σύστημα (πόδια και μίλια/ώρα) είτε το μετρικό (εκατοστά και χιλιόμετρα/ώρα). Οι επιλογές για τα λάθη αφορούν το αν θα εμφανίζονται απλώς στην οθόνη, αν θα αποθηκεύονται ή αν θα παραβλέπονται. Ο καθορισμός της μέγιστης απόστασης αξόνων χρησιμοποιείται από το TC/C 540 για να προσδιορίσει το τέλος του οχήματος που ενεργοποιεί τους αισθητήρες.

Σημαντικά για τη σωστή λειτουργία της συσκευής και την ορθή καταγραφή στοιχείων είναι οι τρεις συντελεστές **gain**, **threshold** και **calibration**. Ο συντελεστής gain ελέγχει την ενίσχυση/μέγεθος του σήματος από τους πιεζοηλεκτρικούς αισθητήρες (η αύξηση της τιμής αυξάνει και την ένταση του σήματος). Η παράμετρος threshold καθορίζει το επίπεδο με το οποίο θα ενεργοποιηθεί ο αισθητήρας όταν τον διασχίσει ένα όχημα (η αύξηση της τιμής αυξάνει και το επίπεδο). Τέλος, ο συντελεστής calibration χρησιμοποιείται για να προσαρμόζονται οι τιμές βάρους που καταγράφονται στη συσκευή.[12]

ΠΡΟΒΟΛΗ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ (VIEW LANE TOTALS)

Η επιλογή αυτή παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα να ελέγξει το σύνολο των οχημάτων ή των ενεργοποιήσεων των αισθητήρων που πραγματοποιήθηκαν από την τελευταία εντολή έναρξης συλλογής στοιχείων μέχρι την τελευταία

εντολή λήξης, για κάθε λωρίδα. Στην περίπτωση που το TC/C 540 βρίσκεται σε κατάσταση καταγραφής το σύνολο θα ανανεώνεται κάθε φορά που διέρχεται όχημα.[12]

ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑΚΩΝ ΡΥΘΜΙΣΕΩΝ (COLD RESTART)

Η επιλογή Cold restart πραγματοποιεί επανέναρξη του TC/C 540 διαγράφοντας όλους τους φακέλους και όλες τις παραμέτρους, που είχαν οριστεί από τον χρήστη, και επανέρχονται οι εργοστασιακές του ρυθμίσεις. Ακολουθείται από ερώτηση επιβεβαίωσης.[12]

5.2.2 ΜΕΝΟΥ ΣΕ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΛΛΟΓΗΣ

Το μενού αυτό εμφανίζεται όταν το TC/C 540 βρίσκεται σε κατάσταση συλλογής στοιχείων κυκλοφορίας. Επιγραμματικά περιλαμβάνει τις ακόλουθες επιλογές:

- Stop collecting
- Delete files
- Show status
- Monitor lanes
- Time of shutdown
- View lane totals

Οι επιλογές Delete files, Show status, Time of shutdown και View lane totals είναι οι ίδιες που αναφέρθηκαν στο κεντρικό μενού.[12]

ΤΕΛΟΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ (STOP COLLECTING)

Αποτελεί το μόνο τρόπο επιστροφής στην επιλογή Start collecting. Σταματάει η συλλογή στοιχείων και “κλείνει” ο αντίστοιχος φάκελος. Ακολουθείται από ερώτηση επιβεβαίωσης για λόγους ασφάλειας.[12]

ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ (MONITOR LANES)

Επιτρέπει στον χρήστη να ελέγχει τις καταγραφές που αποθηκεύονται στο TC/C 540 εμφανίζοντας στην οθόνη τα στοιχεία του οχήματος που ενεργοποίησε τους αισθητήρες.[12]

5.3 Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ (CALIBRATION)

Ο υπολογισμός του συντελεστή calibration είναι μια διαδικασία που οφείλεται να γίνεται πριν την τοποθέτηση της συσκευής για καταγραφή

κυκλοφορίας. Για τον προσδιορισμό του ακολουθούνται δύο επιμέρους διαδικασίες υπολογισμού. Η πρώτη αναφέρεται σε συνθήκες πραγματικής κυκλοφορίας, ενώ η δεύτερη στη γνώση του στατικού βάρους ενός βαρύ οχήματος.

Σύμφωνα με την πρώτη διαδικασία, η εύρεση του συντελεστή στηρίζεται στην τοποθέτηση της συσκευής στη δεξιά λωρίδα τμήματος εθνικής οδού, στην οποία έχουμε πληθώρα διελεύσεων βαρέων οχημάτων. Με την τοποθέτηση κώνων η κυκλοφορία κατευθύνεται στη συγκεκριμένη λωρίδα όπου έχουν τοποθετηθεί οι αισθητήρες με αποτέλεσμα να μειώνεται η πιθανότητα παρέκκλισης από αυτή. Έτσι, τα οχήματα κάθε φορά περνούν πάνω από τους αισθητήρες με αποτέλεσμα να καταγράφεται το συνολικό βάρος και να εξασφαλίζεται παράλληλα η ορθότητα των καταγραφών. Μέσω της εμπειρικής γνώσης του βάρους των βαρέων οχημάτων πραγματοποιούνται όσες διελεύσεις χρειάζονται ώστε οι μετρήσεις της συσκευής να προσεγγίζουν τα πραγματικά κυκλοφορούντα φορτία.

Για τη δεύτερη διαδικασία απαιτείται ένα βαρύ όχημα γνωστού βάρους (στατικό βάρος από γεφυροπλάστιγγα, εικόνα 5-2) που θα πραγματοποιήσει ορισμένες διελεύσεις – τουλάχιστον 5 – από τους αισθητήρες.



Εικόνα 5-2: Προσδιορισμός στατικού βάρους σε γεφυροπλάστιγγα

Αφού, λοιπόν, επιλέχθηκε το φορτηγό που θα χρησιμοποιηθεί για τη βαθμονόμηση, οδηγήθηκε σε γεφυροπλάστιγγα όπου μετρήθηκε το βάρος του ίσο με 35,7tn. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν πέντε(5) διελεύσεις από τους

αισθητήρες της συσκευής και καταγράφηκαν οι εξής μετρήσεις βάρους με αρχική εμπειρική εκτίμηση συντελεστή calibration 3,00 :

1 ^η ΔΙΕΛΕΥΣΗ	2 ^η ΔΙΕΛΕΥΣΗ	3 ^η ΔΙΕΛΕΥΣΗ	4 ^η ΔΙΕΛΕΥΣΗ	5 ^η ΔΙΕΛΕΥΣΗ
35.1	34	29.3	29.1	34.4

Ο μέσος όρος των παραπάνω μετρήσεων είναι 32,38tn, οπότε απαιτείται αλλαγή του συντελεστή με βάση τον τύπο:

$$\text{Νέος συντελεστής} = \left(\frac{\text{στατικό βάρος}}{\text{μέσος όρος μετρήσεων}} \right) \times \text{αρχικός συντελεστής}$$

Έτσι υπολογίστηκε ο νέος συντελεστής calibration ίσος με 3,31.

Αφού διορθώθηκε ο συντελεστής στη συσκευή, πραγματοποιήθηκαν ακόμη πέντε(5) διελεύσεις του οχήματος και οι νέες καταγραφές της συσκευής ήταν:

1 ^η ΔΙΕΛΕΥΣΗ	2 ^η ΔΙΕΛΕΥΣΗ	3 ^η ΔΙΕΛΕΥΣΗ	4 ^η ΔΙΕΛΕΥΣΗ	5 ^η ΔΙΕΛΕΥΣΗ
38.9	35.4	36.7	35	38.9

Ο μέσος όρος των παραπάνω μετρήσεων είναι 36,98tn οπότε και διορθώθηκε εκ νέου ο συντελεστής σε 3,20, που αποτέλεσε και το συντελεστή λειτουργίας της συσκευής.

5.4 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ TC/C540

Πριν από την τοποθέτηση της συσκευής και των αισθητήρων πρέπει να ληφθούν όλα τα απαραίτητα μέτρα ασφαλείας για όσους εργαστούν στην εγκατάσταση.

Αφού ληφθούν όλα τα μέτρα ασφαλείας γίνεται η εγκατάσταση των αισθητήρων στο οδόστρωμα με τη χρήση ειδικής αυτοκόλλητης ταινίας. Οι αισθητήρες, αρχικά, τοποθετούνται στο εσωτερικό της ταινίας και στη συνέχεια αυτή κολλάται στο οδόστρωμα. Συγκεκριμένα, επιλέγεται η τοποθέτησή της στη δεξιά λωρίδα αφού αποτελεί και την κύρια λωρίδα κυκλοφορίας βαρέων οχημάτων. Παρέχεται ειδική προστασία στο σημείο σύνδεσης αισθητήρα-καλωδίου με τη χρήση ελασμάτων που καρφώνονται στο οδόστρωμα. Πρέπει να προσεχθεί, οι αισθητήρες να είναι κάθετοι στην κυκλοφορία και παράλληλοι μεταξύ τους (εικόνα 5-3).



Εικόνα 5-3: Οι αυτοκόλλητες ταινίες με τους αισθητήρες στο οδόστρωμα

Από τη στιγμή που θα εγκατασταθούν οι αισθητήρες στο οδόστρωμα γίνεται η σύνδεσή τους με τη συσκευή και ακολουθεί ο προγραμματισμός της. Από το configure system ορίζονται ο τρόπος συλλογής στοιχείων (Bin+WIM), οι μονάδες ταχύτητας, μήκους και βάρους (metric), ο τρόπος εμφάνισης της ημερομηνίας (HH/MM/EE), η ανταπόκριση της συσκευής στα SnMis (View+Store) καθώς και η μέγιστη απόσταση αξόνων (20m). Με τη χρήση των πλήκτρων πλοήγησης εμφανίζεται στην οθόνη η επιλογή Start collecting όπου ορίζεται αρχικά το όνομα της τοποθεσίας και επιλέγεται η λωρίδα όπου τοποθετήθηκαν οι αισθητήρες (δεξιά). Καθορίζεται ο τρόπος λειτουργίας των αισθητήρων (WIM-WIM) και η απόσταση μεταξύ τους (300cm). Ορίζεται και επικυρώνεται ο τρόπος αποθήκευση Bin (All) και η συσκευή πλέον βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής για το πρώτο όχημα που θα ενεργοποιήσει τους αισθητήρες (Waiting for any vehicles). Αφού ελεγχθούν τα στοιχεία των πρώτων οχημάτων (εμφανίζονται στην οθόνη, εικόνα 5-4) και αποδειχθεί ότι δεν χρειάζεται αλλαγή



Εικόνα 5-4: Ένδειξη στοιχείων οχήματος στην οθόνη του TC/C 540

στους συντελεστές (gain, threshold και calibration), ορίζεται ο χρόνος έναρξης(now) και λήξης(never) καταγραφής στοιχείων. Ο προγραμματισμός του TC/C540 έχει πλέον ολοκληρωθεί.[12]

6 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ-ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Η καταγραφή στοιχείων κυκλοφορίας και βάρους οχημάτων από τη συσκευή TC/C540 πραγματοποιήθηκε στο χρονικό διάστημα Απρίλιος 2005 έως Ιούλιος 2005, σε διατομή της Εθνικής οδού Κορίνθου-Αθηνών πλησίον των διοδίων Ισθμού. Τα στοιχεία αφορούσαν τη δεξιά λωρίδα και περιελάμβαναν το πλήθος των οχημάτων και τα δυναμικά χαρακτηριστικά τους. Αφού ολοκληρώθηκε η περίοδος συλλογής στοιχείων, τα δεδομένα αντλήθηκαν από τη συσκευή μέσω του λογισμικού TRAFMAN. Για κάθε μια από τις επιλογές (Count, Bin και WIM) χρειάστηκε να γίνει εξαγωγή των δεδομένων και αναγωγή σε μορφή που να είναι συμβατή στα Windows. Η εντολή που χρησιμοποιήθηκε για αυτή τη διαδικασία ήταν η “Export”. Για κάθε μέτρηση λοιπόν πραγματοποιήθηκε εξαγωγή δεδομένων και με την επιλογή κατάλληλου τύπου αρχείου αποθηκεύθηκαν οι μετρήσεις σε αρχείο μορφής “.txt” σε φάκελο του προγράμματος TRAFMAN. Στη συνέχεια τα αρχεία μεταφέρθηκαν σε υπολογιστικά φύλλα του Microsoft Excel, ώστε να πραγματοποιηθεί περαιτέρω επεξεργασία τους.

Παράλληλα με τις μετρήσεις της συσκευής πραγματοποιήθηκαν δεκάλεπτες καταμετρήσεις διελεύσεων οχημάτων ανά κατηγορία από παρατηρητές και στις τρεις λωρίδες (δεξιά, μεσαία και αριστερή) της οδού. Οι κατηγορίες οχημάτων που επιλέχθηκαν αφορούσαν οχήματα μικρότερα των 4 τόνων, ελαφρά φορτηγά (μέχρι 14 τόνους), διαξονικά, τριαξονικά, τετραξονικά και βαρέα οχήματα με πέντε ή περισσότερους άξονες. Οι ώρες που επιλέχθηκαν να γίνουν οι μετρήσεις όπως και οι ημέρες ήταν δειγματοληπτικές. Ωστόσο λήφθηκαν πληροφορίες για το ποσοστό κυκλοφορίας οχημάτων σε κάθε λωρίδα καθώς και το ποσοστό κυκλοφορίας που μοιράζονται οι κατηγορίες των οχημάτων στις επιμέρους λωρίδες. Ενδεικτικές καταμετρήσεις φαίνονται στον πίνακα 6-1, όπου διακρίνεται η ημερομηνία και η ώρα έναρξης, καθώς και οι καταμετρήσεις των διελεύσεων ανά κατηγορία οχημάτων και ανά λωρίδα κυκλοφορίας.

Πίνακας 6-1: Ενδεικτικές δεκάλεπτες μετρήσεις κυκλοφορίας στη δεξιά, μεσαία και αριστερή λωρίδα ανά κατηγορία

ΗΜΕΡΑ	ΩΡΑ ΕΝΑΡΞΗΣ	ΔΕΞΙΑ ΛΩΡΙΔΑ						ΜΕΣΑΙΑ ΛΩΡΙΔΑ						ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΛΩΡΙΔΑ					
		<4t	Ελαφρά	2αξονικά	3αξονικά	4αξονικά	5 ⁺ αξονικά	<4t	Ελαφρά	2αξονικά	3αξονικά	4αξονικά	5 ⁺ αξονικά	<4t	Ελαφρά	2αξονικά	3αξονικά	4αξονικά	5 ⁺ αξονικά
7/4	16:00	29	5	3	8	0	10	91	2	0	1	0	0	52	0	0	0	0	0
10/4	12:50	59	5	5	3	2	9	160	0	1	0	0	0	108	0	0	0	0	0
10/4	13:30	67	4	7	3	0	5	172	0	2	0	1	0	118	0	0	0	0	0
10/4	14:10	58	3	8	0	0	26	175	0	1	1	0	5	158	0	0	0	0	0
15/4	18:00	29	0	20	1	5	6	97	1	3	0	0	4	62	0	0	0	0	0
8/4	16:31	28	5	7	2	6	11	106	1	0	0	0	1	71	0	0	0	0	0
24/4	16:50	91	4	11	0	0	2	200	0	3	0	0	0	175	0	0	0	0	0
24/4	17:30	102	0	9	0	0	3	225	0	1	0	0	0	215	0	0	0	0	0
15/6	19:50	40	2	0	0	1	8	92	0	0	0	0	0	33	0	0	0	0	0

Επιπλέον, το Ταμείο Εθνικής Οδοποιίας (Τ.Ε.Ο) παραχώρησε τα στοιχεία κυκλοφορίας από τα διόδια του Ισθμού και αφορούσαν τις μηνιαίες κυκλοφορίες για τα έτη 2003, 2004 και για το πρώτο εξάμηνο του 2005. Για κάθε μήνα, οι μετρήσεις ήταν κατανεμημένες σε κατηγορίες διαφορετικές από αυτές των παρατηρητών οπότε και πραγματοποιήθηκε προσαρμογή τους. Ενδεικτικά στον πίνακα 6-2 φαίνονται ορισμένα στοιχεία από το Τ.Ε.Ο και στον πίνακα 6-3 οι κατηγορίες με τις επεξηγήσεις και την αντιστοιχία τους στις κατηγορίες των παρατηρητών.

Πίνακας 6-2: Ενδεικτικά στοιχεία από Τ.Ε.Ο.

	1	2	3	4	5	6	ΣΥΝΟΛΟ
Ιαν-04	4166	494440	44802	4011	35365	3755	586539
Φεβ-04	5680	496301	42902	4342	39050	3194	591469
Μαρ-04	7093	501863	50473	4241	41563	2743	607976
Απρ-04	8509	583044	49032	4399	39161	3799	687944
Μαΐ-04	12996	603102	50982	4663	42369	3890	718002
Ιουν-04	11518	563556	49028	4646	42035	3588	674371

Πίνακας 6-3: Επεξήγηση κατηγοριών από Τ.Ε.Ο.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ	ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΑ ΜΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ
1	ΑΙ και ΑΠ	<4tn
2	ΒΙ και ΒΠ	<4tn
3	ΓΙ και ΓΠ	Ελαφρά και 2αξονικά
4	ΔΙ και ΔΠ	3αξονικά
5	ΕΙ και ΕΠ	4 άξονες και άνω
6	ΙΧ με Trailer	<4tn

6.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ ΣΥΣΚΕΥΗΣ

Η αξιοπιστία και η ακρίβεια του μηχανήματος TC/C540 είναι παράγοντες που απασχολούν ιδιαίτερα όσους πρόκειται να το χρησιμοποιήσουν. Από τα τεχνικά χαρακτηριστικά που δίνει ο κατασκευαστής είναι γνωστό ότι η μέγιστη ακρίβεια των καταγραφών βάρους είναι 7% με επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, ωστόσο είναι απαραίτητο να διαπιστωθεί πως αυτή μπορεί να επιτευχθεί στην πράξη. Η διαδικασία προσδιορισμού της αξιοπιστίας των καταγραφών της συσκευής πραγματοποιήθηκε για κάθε μέτρηση του παρατηρητή σε συνδυασμό με αυτές της συσκευής. Ενδεικτικά στον πίνακα 6-4 παρουσιάζονται οι καταγραφές των παρατηρητών σε σύγκριση με αυτές της συσκευής στο αναγραφόμενο χρονικό διάστημα.

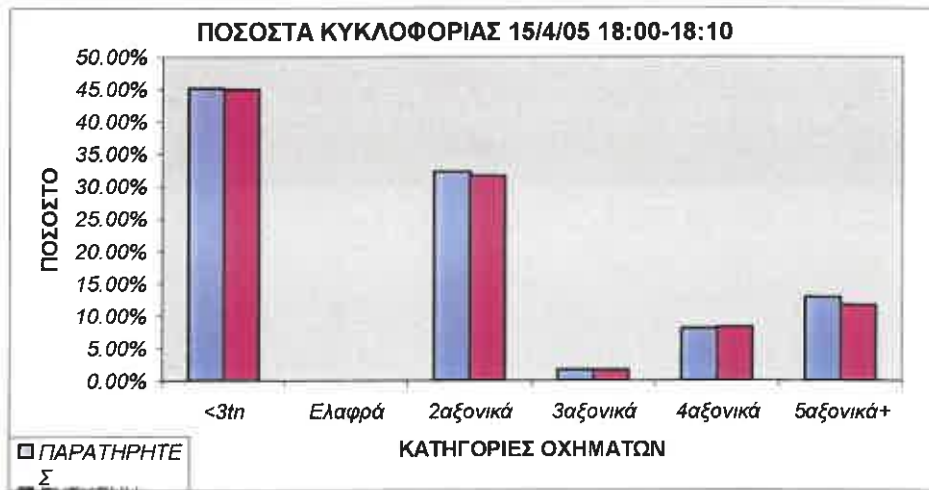
Πίνακας 6-4: Ενδεικτική σύγκριση καταγραφών συσκευής και παρατηρητών στο ίδιο χρονικό διάστημα

	ΗΜΕΡ/ΝΙΑ: 15/4/2005	ΩΡΑ: 18:00 – 18:10		ΗΜΕΡ/ΝΙΑ: 19/4/2005	ΩΡΑ: 18:00 – 18:10
	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΑΡΑΤ/ΤΩΝ	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ		ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΑΡΑΤ/ΤΩΝ	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ
<4tn	28	27	<4tn	22	26
Ελαφρά	0	0	Ελαφρά	6	2
2αξονικά	20	19	2αξονικά	9	8
3αξονικά	1	1	3αξονικά	4	5
4αξονικά	5	5	4αξονικά	4	4
5αξονικά+	8	7	5αξονικά+	9	8
SnMis		1	SnMis		1
ΣΥΝΟΛΟ	62	60	ΣΥΝΟΛΟ	54	54
	ΗΜΕΡ/ΝΙΑ: 24/4/2005	ΩΡΑ: 16:50 – 17:00		ΗΜΕΡ/ΝΙΑ: 24/4/2005	ΩΡΑ: 17:30 – 17:40
	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΑΡΑΤ/ΤΩΝ	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ		ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΑΡΑΤ/ΤΩΝ	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ
<4tn	91	98	<4tn	102	96
Ελαφρά	4	2	Ελαφρά	0	1
2αξονικά	11	9	2αξονικά	9	7
3αξονικά	0	1	3αξονικά	0	1
4αξονικά	0	1	4αξονικά	0	2
5αξονικά+	2	2	5αξονικά+	3	4
SnMis		0	SnMis		0
ΣΥΝΟΛΟ	108	113	ΣΥΝΟΛΟ	114	111

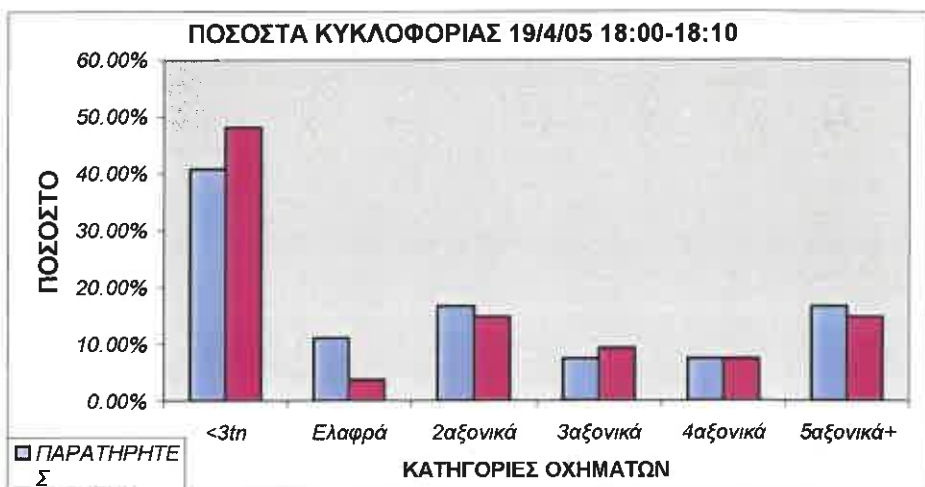
Ο συνδυασμός των καταγραφών της συσκευής που πραγματοποιήθηκαν στον ίδιο χρόνο με τις μετρήσεις των παρατηρητών, είχε ως αποτέλεσμα τον υπολογισμό των αποκλίσεων. Υπολογίστηκε το ποσοστό κάθε κατηγορίας οχημάτων στο σύνολο των μετρήσεων των παρατηρητών και το ίδιο ποσοστό για

κάθε κατηγορία στο σύνολο των μετρήσεων της συσκευής. Ενδεικτικά παραθέτονται ενδεικτικά διαγράμματα σύγκρισης των ποσοστών κυκλοφορίας παρατηρητών και συσκευής για ορισμένες ημέρες (διαγράμματα 6-1, 6-2, 6-3)

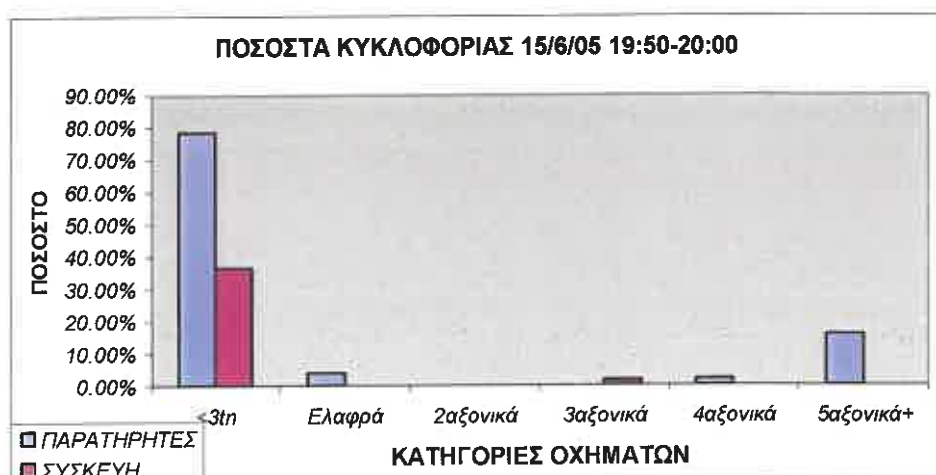
Διάγραμμα 6-1: Ποσοστά κυκλοφορίας οχημάτων ανά κατηγορία από μετρήσεις παρατηρητών και συσκευής στις 15/4/05 και ώρα 18:00 – 18:10



Διάγραμμα 6-2: Ποσοστά κυκλοφορίας οχημάτων ανά κατηγορία από μετρήσεις παρατηρητών και συσκευής στις 19/4/05 και ώρα 18:00 – 18:10



Διάγραμμα 6-3: Ποσοστά κυκλοφορίας οχημάτων ανά κατηγορία από μετρήσεις παρατηρητών και οργάνου στις 15/6/05 και ώρα 19:50 – 20:00



Επιπλέον έχει γίνει ο έλεγχος της ακρίβειας ανά κατηγορία με βάση το σύνολο των ημερών που έχουν πραγματοποιηθεί οι μετρήσεις των παρατηρητών σε συνάρτηση με τις καταγραφές του οργάνου για το ίδιο σύνολο ημερών. Η διακύμανση των αποκλίσεων ανά ημέρα μέτρησης της συσκευής από τις 15/4 έως και τις 27/5 παραμένει σε ικανοποιητικά επίπεδα. Οι αποκλίσεις λαμβάνονται σε μικρά ποσοστά υποδηλώνοντας τη σωστή λειτουργία της συσκευής. Στον πίνακα 6-5 παραθέτονται οι αποκλίσεις του οργάνου στο σύνολο των ημερών και διαπιστώνεται η ικανοποιητική λειτουργία του καθώς κυμαίνονται σε αρκετά χαμηλά επίπεδα.

Πίνακας 6-5: Αποκλίσεις στο σύνολο των ημερών

	ΣΥΝΟΛΟ ΗΜΕΡΩΝ		
	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ	ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ
<4tn	278	283	1.88%
Ελαφρά	11	5	-1.55%
2αξονικά	51	45	-1.47%
3αξονικά	7	8	0.28%
4αξονικά	13	15	0.55%
5αξονικά+	25	24	-0.21%
SnMis	0	2	0.52%
ΣΥΝΟΛΟ	385	382	0.78%

Κατά τη λειτουργία της συσκευής τον Ιούνιο και Ιούλιο παρατηρήθηκαν μεγάλες διαφορές (διάγραμμα 6-3) μεταξύ των μετρήσεων των παρατηρητών και της συσκευής γεγονός που οδήγησε στο συμπέρασμα ότι οι μετρήσεις της

συσκευής δεν έχουν γίνει με ακρίβεια. Το πρόβλημα εντοπίστηκε στους αισθητήρες και ειδικότερα στο σημείο σύνδεσης τους με το καλώδιο μεταφοράς σήματος στη συσκευή και παράλληλα εμφανίστηκαν Sensor Misses (SnMis). Συμπερασματικά, η σωστή λειτουργία της συσκευής προϋποθέτει και τακτικό έλεγχο των αισθητήρων.

ΟΧΗΜΑΤΑ ΚΑΙ SnMis

Ο έλεγχος αυτός μπορεί να πραγματοποιηθεί και από τη λειτουργία Bin στην οποία περιλαμβάνονται όλες οι καταγραφές των διελεύσεων των οχημάτων ακόμη και εκείνες στις οποίες υπάρχουν προβλήματα από λάθος καταγραφές. Τα προβλήματα είναι αποτέλεσμα μη σωστής λειτουργίας του TC/C540 και αδυναμίας των αισθητήρων να καταγράψουν όλους τους άξονες των οχημάτων ώστε τελικά να έχουμε την απώλεια ορισμένων. Η εμφάνιση του μηνύματος στην οθόνη του οργάνου SnMis είναι ένας τρόπος του TC/C540 να δείξει ότι δεν υπάρχουν επαρκή/ορθά δεδομένα από τους αισθητήρες ή ότι τα δεδομένα δεν είναι στη σωστή σειρά. Όταν υπάρχει απώλεια σήματος/αξόνων από τους αισθητήρες το TC/C540 μπλοκάρει όλες τις επόμενες δραστηριότητες τους για 1 sec. Αναλυτικά όταν έχουμε την εμφάνιση του μηνύματος SnMis #1 συνήθως σημαίνει ότι ο μετρητής έχει καταγράψει «χτύπημα» μόνο στον πρώτο αισθητήρα και όχι στον δεύτερο. Για το μήνυμα SnMis #2 ο μετρητής καταγράφει «χτύπημα» μόνο στο δεύτερο αισθητήρα χωρίς προηγουμένως να περάσει από τον πρώτο. Τέλος, το μήνυμα SnMis #3 μπορεί να αφορά οχήματα με υπερβολική ή πολύ μικρή ταχύτητα και χρησιμοποιείται για καταγραφή των οχημάτων που περνούν από τον πρώτο και δεύτερο αισθητήρα χωρίς περαιτέρω δραστηριότητες. Από την εμπειρία των παρατηρητών συμπεραίνεται ότι SnMis μπορεί να εμφανίζονται για διάφορες αιτίες ή και λόγω ευαισθησίας των αισθητήρων. Ενδεικτικά, η διέλευση ενός οχήματος από τη διπλανή λωρίδα με μεγάλη ταχύτητα έχει ως συνέπεια τη δημιουργία θορύβου και σε συνδυασμό με την αυξημένη ευαισθησία των αισθητήρων μπορεί να προξενεί την εμφάνιση ένδειξης SnMis. Η σωστή βαθμονόμηση ελαχιστοποιεί αυτή την πιθανότητα οπότε τα SnMis μπορούν να αξιοποιούνται για έλεγχο της συσκευής.

Από την βάση δεδομένων Bin του προγράμματος TRAFMAN πραγματοποιήθηκε εξαγωγή των στοιχείων για τα SnMis που κατέγραψε το

όργανο για κάθε ημέρα μέτρησης στην κάθε κατηγορία και τοποθετήθηκαν στον πίνακα 6-6.

Πίνακας 6-6: Καταγραφές SnMis

HMEPA	SnMis0	SnMis1	SnMis2	SnMis3	total	HMEPA	SnMis0	SnMis1	SnMis2	SnMis3	total
15/04/05	0	6	11	1	18	10/05/05	0	15	719	211	945
16/04/05	0	19	18	5	42	12/05/05	0	9	1724	285	2018
17/04/05	0	30	24	17	71	18/05/05	0	9	714	285	1008
18/04/05	0	19	23	9	51	24/05/05	0	7	857	160	1024
19/04/05	0	4	4	2	10	25/05/05	0	6	420	102	528
20/04/05	0	10	17	2	29	26/05/05	0	6	459	159	624
21/04/05	0	13	14	7	34	27/05/05	0	1	120	117	238
22/04/05	0	13	16	9	38	15/06/05	0	17	359	409	785
23/04/05	0	16	13	10	39	16/06/05	0	35	2203	2542	4780
24/04/05	0	26	13	42	81	17/06/05	0	30	2209	2823	5062
25/04/05	0	8	15	12	35	18/06/05	0	39	1873	2979	4891
26/04/05	0	19	13	3	35	19/06/05	0	25	3044	3436	6505
27/04/05	0	14	22	8	44	20/06/05	0	68	5823	3282	9173
28/04/05	0	5	14	15	34	21/06/05	0	64	3522	2135	5721
29/04/05	0	13	13	13	39	22/06/05	0	89	2222	3185	5496
30/04/05	0	11	17	21	49	23/06/05	0	0	9	20	29
01/05/05	0	28	29	17	74	15/07/05	0	30	1444	932	2406
02/05/05	0	65	252	425	742	16/07/05	0	49	3032	2486	5567
03/05/05	0	46	608	1398	2052	17/07/05	0	47	6791	2728	9566
04/05/05	0	57	231	704	992	18/07/05	0	29	5250	2684	7963
05/05/05	0	50	149	406	605	19/07/05	0	33	2947	2422	5402
06/05/05	0	46	102	329	477	20/07/05	0	20	3049	2344	5413
07/05/05	0	33	184	545	762	21/07/05	0	26	3190	2383	5599
08/05/05	0	44	191	408	643	22/07/05	0	30	2581	1703	4314
ΣΥΝΟΛΟ							0	1272	67970	44086	113328

Από τα ποσοστά των SnMis, όπως αυτά παρουσιάζονται στον πίνακα 6-7, στο ημερήσιο σύνολο των οχημάτων για τις ημέρες μέτρησης της συσκευής τους μήνες Απρίλιο και Μάιο, αξιολογήθηκε η ακρίβεια του οργάνου όσον αφορά τις λάθος καταγραφές που πραγματοποιεί, καθώς τα στοιχεία του Ιουνίου και Ιουλίου απορρίφθηκαν λόγω των προβλημάτων που προαναφέρθηκαν. Διαπιστώνεται λοιπόν το μικρό ποσοστό των SnMis στις ημερήσιες καταγραφές άρα και η ικανοποιητική λειτουργία της συσκευής.

Πίνακας 6-7: Ποσοστά SnMis στο ημερήσιο σύνολο καταγραφών

ΗΜΕΡ/ΝΙΑ	ΣΥΝΟΛΟ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	SnMis	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ	ΗΜΕΡ/ΝΙΑ	ΣΥΝΟΛΟ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	SnMis	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ
15/04/05	1527	18	1545	1,17%	10/05/05	5536	945	6481	14,58%
16/04/05	6239	42	6281	0,67%	12/05/05	5656	1008	6664	15,13%
17/04/05	9948	71	10019	0,71%	18/05/05	5524	1024	6548	15,64%
18/04/05	6485	51	6536	0,78%	24/05/05	2597	528	3125	16,90%
19/04/05	1486	10	1496	0,67%	25/05/05	3148	624	3772	16,54%
20/04/05	5636	29	5665	0,51%	26/05/05	1811	238	2049	11,62%
21/04/05	5812	34	5846	0,58%	27/05/05	1700	211	1911	11,04%
22/04/05	6010	38	6048	0,63%	15/06/05	403	785	1188	66,08%
23/04/05	6374	39	6413	0,61%	16/06/05	2234	4780	7014	68,15%
24/04/05	8551	81	8632	0,94%	17/06/05	1713	5062	6775	74,72%
25/04/05	6397	35	6432	0,54%	18/06/05	1341	4891	6232	78,48%
26/04/05	5830	35	5865	0,60%	19/06/05	1280	6505	7785	83,56%
27/04/05	5797	44	5841	0,75%	20/06/05	5140	9173	14313	64,09%
28/04/05	5091	34	5125	0,66%	21/06/05	5456	5721	11177	51,19%
29/04/05	4431	39	4470	0,87%	22/06/05	1360	5496	6856	80,16%
30/04/05	4067	49	4116	1,19%	23/06/05	1	29	30	96,67%
01/05/05	7041	74	7115	1,04%	15/07/05	1806	2406	4212	57,12%
02/05/05	14751	742	15493	4,79%	16/07/05	1700	5567	7267	76,61%
03/05/05	12035	2052	14087	14,57%	17/07/05	3351	9566	12917	74,06%
04/05/05	8422	992	9414	10,54%	18/07/05	2380	7963	10343	76,99%
05/05/05	6558	605	7163	8,45%	19/07/05	2388	5402	7790	69,35%
06/05/05	6428	477	6905	6,91%	20/07/05	2599	5413	8012	67,56%
07/05/05	7047	762	7809	9,76%	21/07/05	2927	5599	8526	65,67%
08/05/05	9435	643	10078	6,38%	22/07/05	2546	4314	6860	62,89%
ΣΥΝΟΛΟ						225995	113328	339323	33,40%

7 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Όπως έχει προαναφερθεί η συλλογή των στοιχείων από το TC/C540 έγινε με τη βοήθεια του προγράμματος TRAFMAN και στη συνέχεια τα στοιχεία των μετρήσεων μεταφέρθηκαν σε φύλλα εργασίας EXCEL. Για κάθε ημέρα μέτρησης ήταν διαθέσιμα στοιχεία που αφορούσαν την ώρα που πέρασε το όχημα από τους αισθητήρες, την ταχύτητα του σε χλμ/ώρα, τον αριθμό των αξόνων, το μήκος του, τη απόσταση μεταξύ των αξόνων, το βάρος που αναλαμβάνει ο κάθε άξονας και τέλος το συνολικό βάρος του οχήματος

7.1 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ

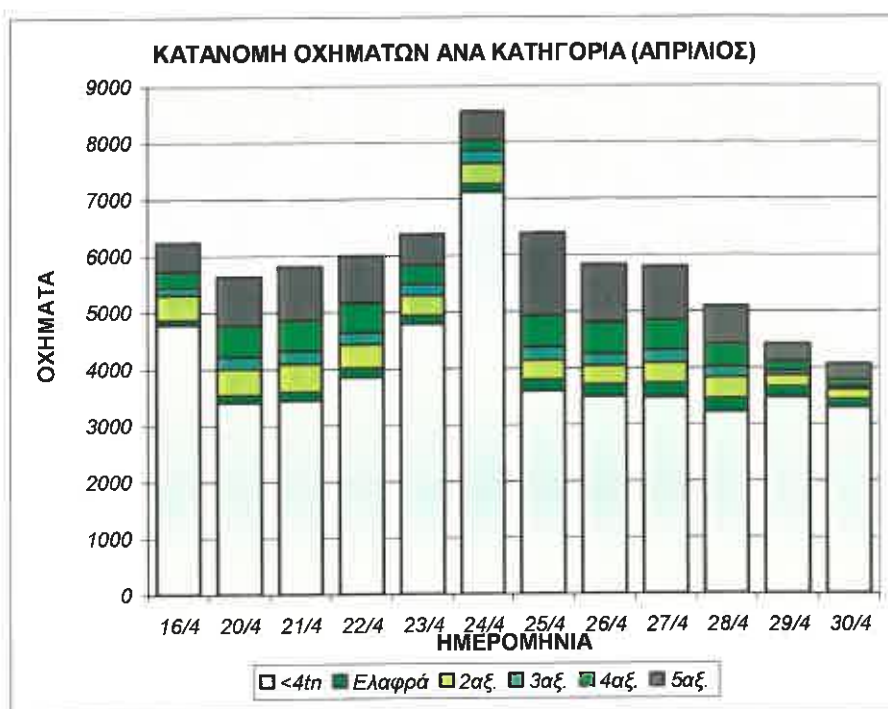
Ένα πρώτο βήμα ήταν η συγκέντρωση και η κατάταξη του αριθμού των οχημάτων ανά κατηγορία και ημέρα μέτρησης με σκοπό την εύρεση των ποσοστών κυκλοφορίας που κατέχει η κάθε κατηγορία στο σύνολο της ημερήσιας. Η διαδικασία αυτή έγινε και για το σύνολο όλων ημερών. Ενδεικτικά, στον πίνακα 7-1 διακρίνεται αναλυτικά ο αριθμός των οχημάτων ανά κατηγορία για τις ημερομηνίες μέτρησης του Απριλίου, το σύνολο των οχημάτων ανά κατηγορία για όλες τις ημέρες μέτρησης καθώς και η ημερήσια κυκλοφορία για αυτές τις ημέρες. Βεβαίως έχει βρεθεί και το ποσοστό των οχημάτων που πέρασαν από τη δεξιά λωρίδα ανά κατηγορία.

Πίνακας 7-1: Ημερήσια κυκλοφορία οχημάτων ανά κατηγορία και συνολική Απριλίου

ΟΧΗΜΑΤΑ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ (ΑΠΡΙΛΙΟΣ)							ΣΥΝΟΛΟ ΑΝΑ ΗΜΕΡΑ (οχημ.)
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	<4tn	Ελαφρά	2αξ.	3αξ.	4αξ.	5αξ.	
16-Απρ	4790	79	453	120	288	509	6239
20-Απρ	3411	127	470	210	555	863	5636
21-Απρ	3446	153	504	222	534	953	5812
22-Απρ	3853	168	419	208	531	831	6010
23-Απρ	4793	144	372	188	332	545	6374
24-Απρ	7128	130	378	218	178	519	8551
25-Απρ	3601	206	336	235	550	1469	6397
26-Απρ	3496	214	339	211	559	1011	5830
27-Απρ	3481	255	358	235	515	953	5797
28-Απρ	3217	247	367	188	396	676	5091
29-Απρ	3473	190	207	74	174	313	4431
30-Απρ	3299	150	169	52	120	277	4067
ΣΥΝΟΛΟ (οχημ.)	47988	2063	4372	2161	4732	8919	70235
ΠΟΣΟΣΤΟ	68,32%	2,94%	6,22%	3,08%	6,74%	12,70%	

Στο διάγραμμα 8-1 διακρίνεται η κατανομή των οχημάτων ανά κατηγορία στη δεξιά λωρίδα για τις ημέρες μέτρησης του Απριλίου.

Διάγραμμα 7-1: Κατανομή οχημάτων ανά κατηγορία στη δεξιά λωρίδα (Απρίλιος)



Παρατηρείται ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις όσον αφορά την κυκλοφορία των βαρέων οχημάτων. Εξαιρέση αποτελούν οι 24/4 και 25/4 όπου εμφανίζεται ανομοιομορφία στη σύνθεση κυκλοφορίας. Η ανομοιομορφία αυτή οφείλεται στα ειδικά μέτρα απαγόρευσης κυκλοφορίας των βαρέων οχημάτων στις 24/4 (Κυριακή των Βαΐων) και για αυτό παρατηρείται αυξημένη κίνηση στις 25/4. Επιπλέον, η ποσοστιαία κατανομή των βαρέων οχημάτων κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα για τις 29/4 και 30/4 λόγω της εορτής του Πάσχα (1^η Μαΐου). Σημειώνεται ότι στην εκτίμηση της μηνιαίας κυκλοφορίας δεν συμπεριλήφθηκαν οι συγκεκριμένες ημέρες.

7.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Η εκτίμηση της μηνιαίας κυκλοφορίας προέκυψε από τις καταγραφές κυκλοφορίας για τις ημέρες λειτουργίας του συστήματος. Αναλυτικά, συγκεντρώθηκαν τα στοιχεία ημερήσιας κυκλοφορίας του Απριλίου και του Μαΐου από τα οποία προέκυψε η μέση ημερήσια κυκλοφορία για καθένα

χωριστά. Η μηνιαία κυκλοφορία υπολογίστηκε από το γινόμενο της μέσης ημερήσιας κυκλοφορίας επί το σύνολο των ημερών του κάθε μήνα.

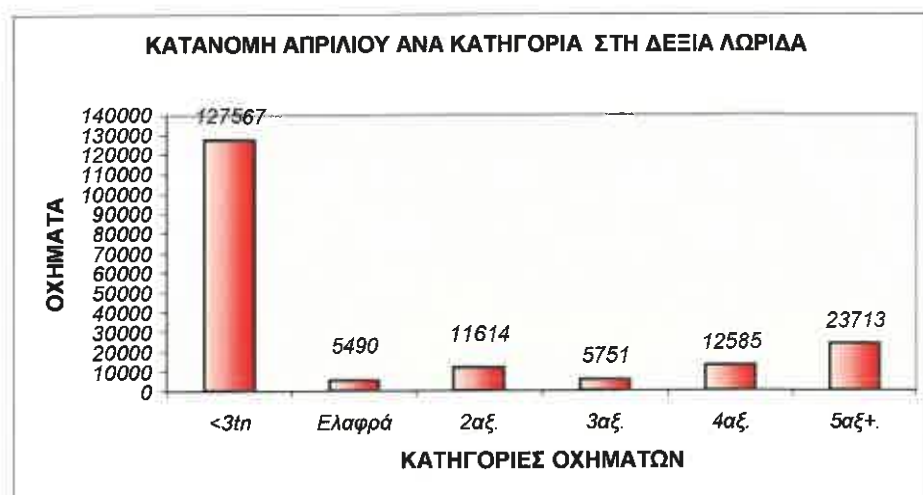
ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΑΠΡΙΛΙΟΥ ΣΤΗ ΔΕΞΙΑ ΛΩΡΙΔΑ:	186720 οχημ.
ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΜΑΙΟΥ ΣΤΗ ΔΕΞΙΑ ΛΩΡΙΔΑ:	245148 οχημ.

Η μηνιαία κυκλοφορία στη δεξιά λωρίδα κατανεμήθηκε ανά κατηγορία με βάση τα ποσοστά κυκλοφορίας για κάθε κατηγορία όπως προέκυψαν από τις καταγραφές της συσκευής στους μήνες Απρίλιο (πίνακας 7-2, διάγραμμα 7-2) και Μάιο(πίνακας 7-3, διάγραμμα 7-3).

Πίνακας 7-2: Εκτίμηση κυκλοφορίας Απριλίου ανά κατηγορία στη δεξιά λωρίδα

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΠΡΙΛΙΟΥ TC/C540 ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΔΕΞΙΑΣ ΛΩΡΙΔΑΣ (οχημ.)
<4tn	68,32%	127567
Ελαφρά	2,94%	5490
2αξ.	6,22%	11614
3αξ.	3,08%	5751
4αξ.	6,74%	12585
5αξ+.	12,70%	23713

Διάγραμμα 7-2: Κατανομή κυκλοφορίας Απριλίου ανά κατηγορία στη δεξιά λωρίδα



Πίνακας 7-3: Πρόβλεψη κυκλοφορίας Μαΐου ανά κατηγορία στη δεξιά λωρίδα

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	ΠΟΣΟΣΤΑ ΜΑΪΟΥ TC/C540 ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΔΕΞΙΑΣ ΛΩΡΙΔΑΣ (οχημ.)
<4tn	75,81%	185843
Ελαφρά	2,39%	5848
2αξ.	1,49%	3661
3αξ.	5,85%	14350
4αξ.	4,65%	11405
5αξ.+	9,81%	24042

Διάγραμμα 7-3: Κατανομή κυκλοφορίας Μαΐου ανά κατηγορία στη δεξιά λωρίδα



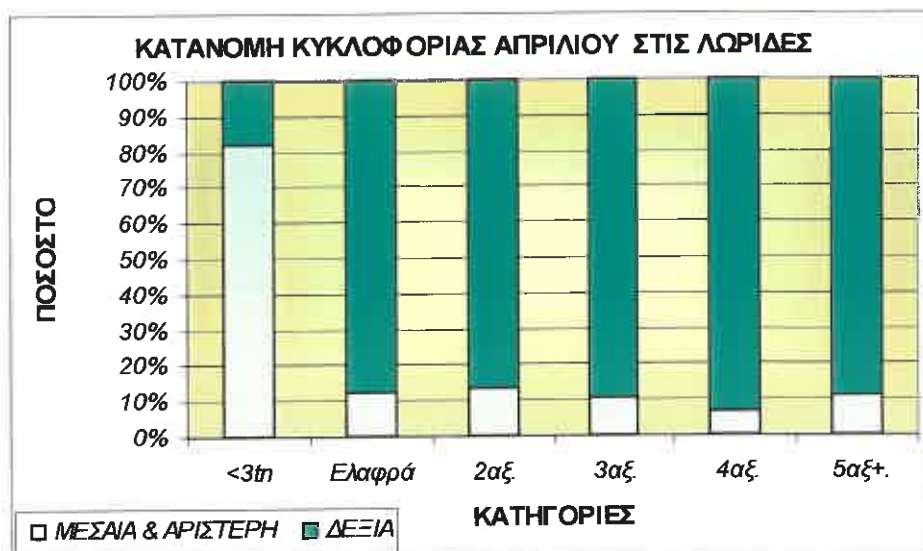
Γνωρίζοντας την σύνθεση της κυκλοφορίας στη δεξιά λωρίδα για κάθε μήνα, υπολογίστηκε και στη διατομή της οδού.

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΑΠΡΙΛΙΟΥ ΣΤΗ ΔΙΑΤΟΜΗ:	779714 οχημ.
ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΜΑΪΟΥ ΣΤΗ ΔΙΑΤΟΜΗ	1105538 οχημ.

Διάγραμμα 7-4: Συγκριτικό διάγραμμα κατανομής κυκλοφορίας Απριλίου ανά κατηγορία στη διατομή και στη δεξιά λωρίδα

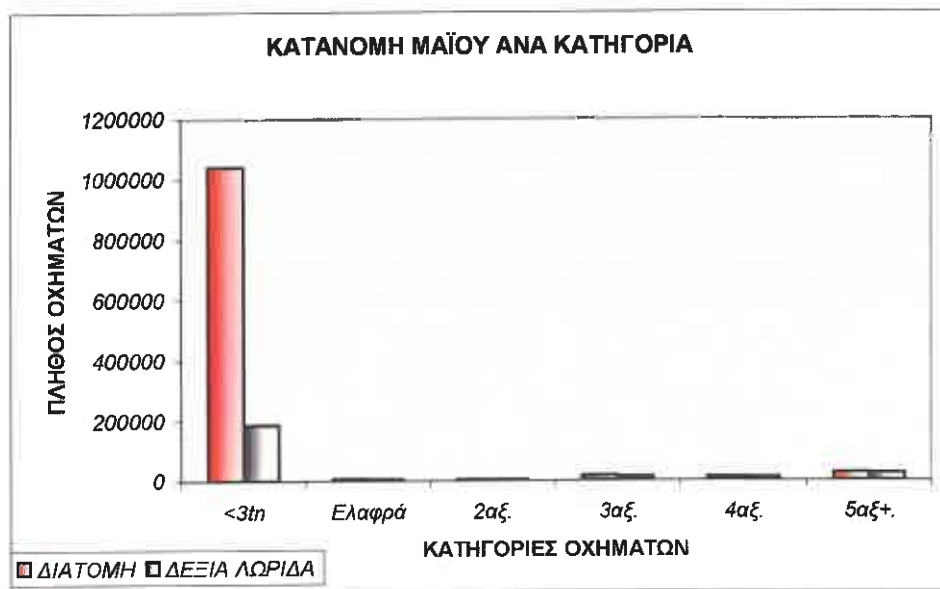


Διάγραμμα 7-5: Ποσοστιαία κατανομή της κυκλοφορίας Απριλίου ανά κατηγορία στις λωρίδες



Αντίστοιχη διαδικασία ακολουθήθηκε και για τα δεδομένα του Μαΐου, όπου και προέκυψε:

Διάγραμμα 7-6: Συγκριτικό διάγραμμα κατανομής κυκλοφορίας Μαΐου ανά κατηγορία στη διατομή και στη δεξιά λωρίδα



Διάγραμμα 7-7: Κατανομή κυκλοφορίας Μαΐου ανά κατηγορία στις λωρίδες



7.3 ΕΤΗΣΙΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Μία από τις βασικές παραμέτρους για την εύρεση ετήσιων ισοδύναμων διελεύσεων αξόνων αποτελεί η γνώση της ετήσιας κυκλοφορίας στο οδόστρωμα. Με βάση τα στοιχεία που διατέθηκαν για τους μήνες Απρίλιο και Μάιο, η πρόβλεψη της ετήσιας κυκλοφορίας πραγματοποιήθηκε από τα στοιχεία καταγραφής του συστήματος λαμβάνοντας υπόψη τα στοιχεία από το Τ.Ε.Ο. και αφορούσαν τα έτη 2003 και 2004. Διαθέτοντας την πρόβλεψη της μηνιαίας κυκλοφορίας στη δεξιά λωρίδα για τον Απρίλιο και τον Μάιο και με την παραδοχή ότι το ποσοστό της μηνιαίας κυκλοφορίας στη δεξιά λωρίδα σε σχέση με την ετήσια κυκλοφορία στην ίδια λωρίδα είναι ίσο με το ποσοστό της

μηνιαίας κυκλοφορίας διατομής στο σύνολο της ετήσιας εκτιμήθηκε η ετήσια κυκλοφορία στη δεξιά λωρίδα. Στον πίνακα 8-4 παρατηρούμε τη μηνιαία κυκλοφορία οχημάτων ανά κατηγορία για τους μήνες Απρίλιο και Μάιο για το 2003 και 2004, την ετήσια κυκλοφορία οχημάτων ανά κατηγορία, τη συνολική ετήσια κυκλοφορία καθώς και τα επιμέρους ποσοστά των μηνιαίων κυκλοφοριών Απριλίου και Μαΐου στην ετήσια για κάθε έτος.

Πίνακας 7-4: Μηνιαία κυκλοφορία Απριλίου και Μαΐου για το 2003 και 2004 από στοιχεία Τ.Ε.Ο.

	1	2	3	4	5	6	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΟΣΟΣΤΑ ΣΤΗΝ ΕΤΗΣΙΑ
Απρ-03	5601	491886	51903	4332	32728	3036	589486	7,40%
Μαϊ-03	8756	535593	54322	4774	36401	3552	643398	8,08%
ΣΥΝΟΛΟ 2003	96873	6685166	640442	55038	439899	47179	7964597	
Απρ-04	8509	583044	49032	4399	39161	3799	687944	8,05%
Μαϊ-04	12996	603102	50982	4663	42369	3890	718002	8,40%
ΣΥΝΟΛΟ 2004	124527	7264537	579803	53470	463280	57343	8542960	

Παρατηρώντας τον πίνακα διαπιστώνεται ότι ανάμεσα στα ποσοστά των μηνιαίων κυκλοφοριών Απριλίου και Μαΐου στην ετήσια κυκλοφορία του 2003 με τα αντίστοιχα του 2004 η απόκλιση μεταξύ τους κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα. Θεωρείται ότι και για το έτος 2005 τα ποσοστά θα παραμείνουν στα ίδια επίπεδα. Η πρόβλεψη της ετήσιας κυκλοφορίας στη δεξιά λωρίδα έγινε με την παραδοχή του αθροίσματος των εκτιμήσεων της μηνιαίας κυκλοφορίας Απριλίου και Μαΐου προς το άθροισμα των ποσοστών κυκλοφορίας του 2004 για του ίδιους μήνες. Οπότε έχουμε:

$$\text{ΕΤΗΣΙΑ} \cdot \text{ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ} = \frac{\sum \text{Εκτιμηση} \cdot \text{Μηνιαίας} \cdot \text{Κυκλοφορίας}_{2005}}{\sum \text{Ποσοστά} \cdot \text{Κυκλοφορίας} \cdot 2004}$$

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΕΤΗΣΙΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ	2625338 οχήμ.
-------------------------------------	----------------------

Με βάση τους μήνες Απρίλιο και Μάιο υπολογίστηκε και η σύνθεση κυκλοφορίας η οποία και θεωρήθηκε ότι αντιπροσωπεύει με αντίστοιχη αναλογία τη σύνθεση κυκλοφορίας του έτους. Αυτό επιβεβαιώνεται και από

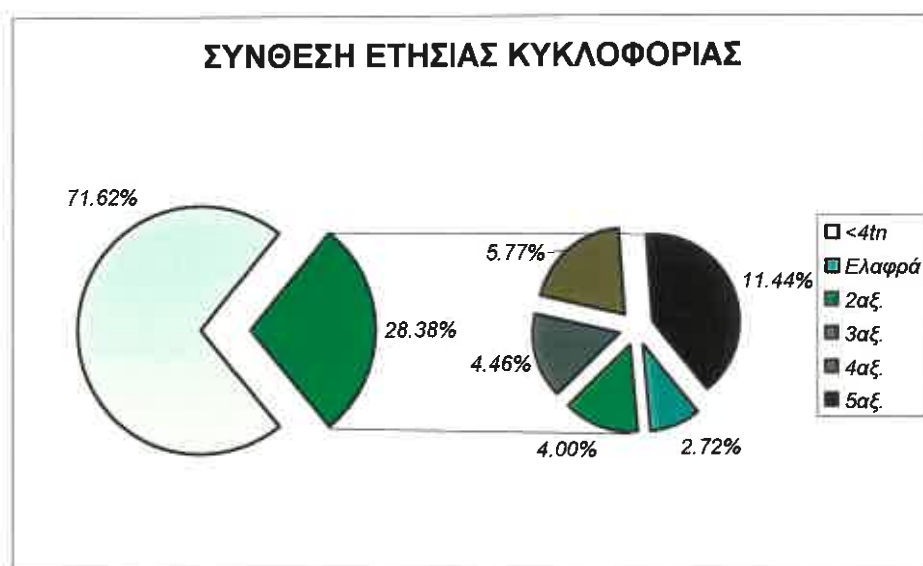
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

σχετικά στοιχεία από το Τ.Ε.Ο. καθώς και από δειγματοληπτικές μετρήσεις παρατηρητών. Η κυκλοφορία κατανεμήθηκε στις επιμέρους κατηγορίες όπως φαίνεται αριθμητικά στον πίνακα 7-5 και σε μορφή ποσοστών στο διάγραμμα 7-8.

Πίνακας 7-5: Πρόβλεψη ετήσιας κυκλοφορίας ανά κατηγορία οχημάτων στη δεξιά λωρίδα

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ (οχημ.)
<4tn	1880272
Ελαφρά	71352
2αξ.	104969
3αξ.	116973
4αξ.	151552
5αξ.+	300220

Διάγραμμα 7-8: Σύνθεση ετήσιας κυκλοφορίας οχημάτων ανά κατηγορία στη δεξιά λωρίδα



8 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ **ΜΕ ΤΑΧΥΤΗΤΑ, ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΑΙ ΑΞΟΝΙΚΟ** **ΦΟΡΤΙΟ ΟΧΗΜΑΤΩΝ**

Βασικές παράμετροι διαστασιολόγησης οδοστρωμάτων είναι ο κυκλοφοριακός φόρτος και ειδικότερα η σύνθεση και τα φορτία των βαρέων οχημάτων, ο υπολογισμός των ισοδύναμων αξονικών διελεύσεων και ο χρόνος φόρτισης. Τα στοιχεία αυτά απαιτείται να είναι γνωστά για το παρόν, αλλά και απαιτείται και η πρόβλεψη των μελλοντικών τους τιμών προκειμένου να καθίσταται εφικτός ο βέλτιστος προσδιορισμός της αναμενόμενης φόρτισης και του πάχους των οδοστρωμάτων.

8.1 ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Η καταπόνηση του οδοστρώματος από τη φόρτιση που δέχεται από ένα διερχόμενο φορτίο είναι δυναμικής μορφής. Για την ανάλυσή της είναι απαραίτητη η γνώση του χρόνου φόρτισης ο οποίος προσδιορίζεται ικανοποιητικά μέσω των ταχυτήτων των οχημάτων από τη σχέση:

$$T = \frac{1}{V}$$

όπου V: η μέση ταχύτητα των βαρέων οχημάτων.

Η ταχύτητα ενός οχήματος επιδρά άμεσα τόσο στη μέγιστη πίεση που δημιουργείται στην επιφάνεια του οδοστρώματος όσο και στις τάσεις που δημιουργούνται μέσα στο οδόστρωμα.

Στις μετρήσεις που διατίθενται από το όργανο υπήρξαν καταγεγραμμένες οι ταχύτητες των οχημάτων που πέρασαν από τη δεξιά λωρίδα στο συγκεκριμένο σημείο όπου είχε τοποθετηθεί. Για κάθε ημέρα έχουν υπολογιστεί ο μέσος όρος των ταχυτήτων ανά κατηγορία καθώς και η ελάχιστη και η μέγιστη ταχύτητα. Στη συνέχεια, βρέθηκε η μέση τιμή των παραπάνω ταχυτήτων για το σύνολο των ημερών μέσω της οποίας υπολογίστηκε ο χρόνος φόρτισης του οδοστρώματος για κάθε κατηγορία, όπως φαίνεται στον πίνακα 8-1.

Πίνακας 8-1: Χρόνος φόρτισης οδοστρώματος

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΜΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ (km/h)	ΧΡΟΝΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ (sec)
<4tn	98.9	0,0101
Ελαφρά	85.8	0,0117
2αξ	86.8	0,0115
3αξ	90.4	0,0111
4αξ	84.0	0,0119
5αξ	81.2	0,0123

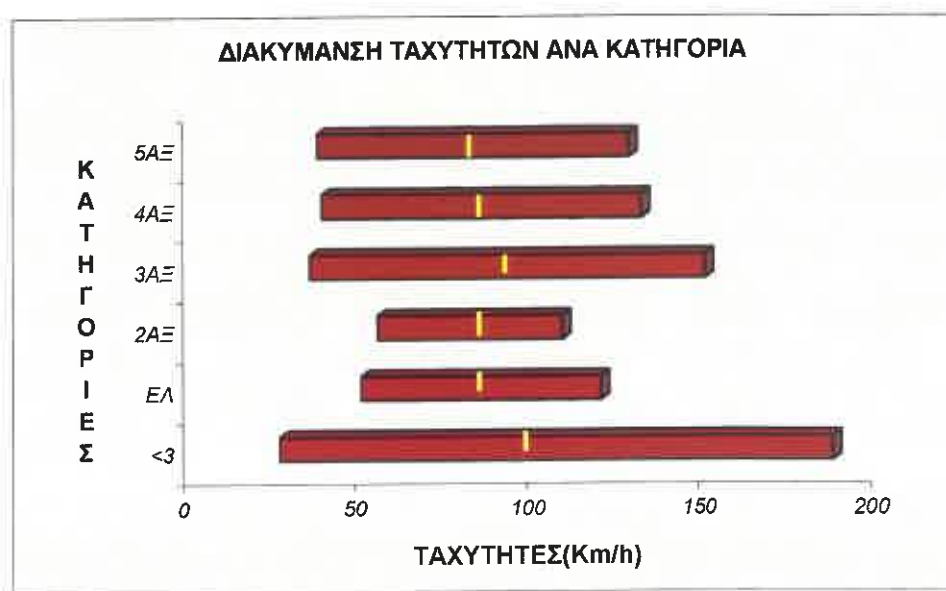
Επίσης έχει επιλεγεί μια ημέρα ενδεικτική για να παρουσιαστεί η διακύμανση των ταχυτήτων ανάλογα με το βάρος του οχήματος. Στο διάγραμμα 8-1 παρατηρείται η μείωση της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων καθώς αυξάνεται το βάρος τους. Είναι ενδιαφέρον ότι ακόμη και τα πλέον βαρέα οχήματα έχουν ταχύτητες που υπερβαίνουν τις συνήθειες που χρησιμοποιούνται στο σχεδιασμό των οδοστρώματων.

Διάγραμμα 8-1: Διακύμανση ταχυτήτων ανάλογα με το βάρος οχήματος



Τα μέγιστα και ελάχιστα όρια των ταχυτήτων ανά κατηγορία φαίνονται στο διάγραμμα που ακολουθεί.

Διάγραμμα 8-2: Μέγιστα και ελάχιστα όρια ταχυτήτων ανά κατηγορία οχημάτων



8.2 ΒΑΡΗ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Το βάρος των οχημάτων είναι μια από τις βασικές παραμέτρους που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για το αξιόπιστο υπολογισμό των οδοστρωμάτων. Η συσκευή παρέχει τέτοιου είδους πληροφορίες, προσδιορίζοντας το συνολικό βάρος των διερχόμενων οχημάτων και παράλληλα εντοπίζει το πρόβλημα της παράνομης υπερφόρτωσης.

Έρευνα του Ο.Ο.Σ.Α.[13] για τις χώρες-μέλη της Ε.Ε. έδειξε ότι το πρόβλημα της παράνομης υπερφόρτωσης πρέπει να τύχει σοβαρής αντιμετώπισης. Είναι γνωστό ότι με την αύξηση του βάρους αυξάνεται εκθετικά η καταπόνηση του οδοστρώματος και επισπεύδεται η φθορά του. Σύμφωνα με την παραπάνω έρευνα, το ποσοστό των υπέρβαρων οχημάτων σε μερικές χώρες φτάνει το 45% και η πιθανότητα για κάποιο υπέρβαρο όχημα να συλληφθεί σε μια από τις χώρες της Ε.Ε. είναι μικρότερη από 5%.

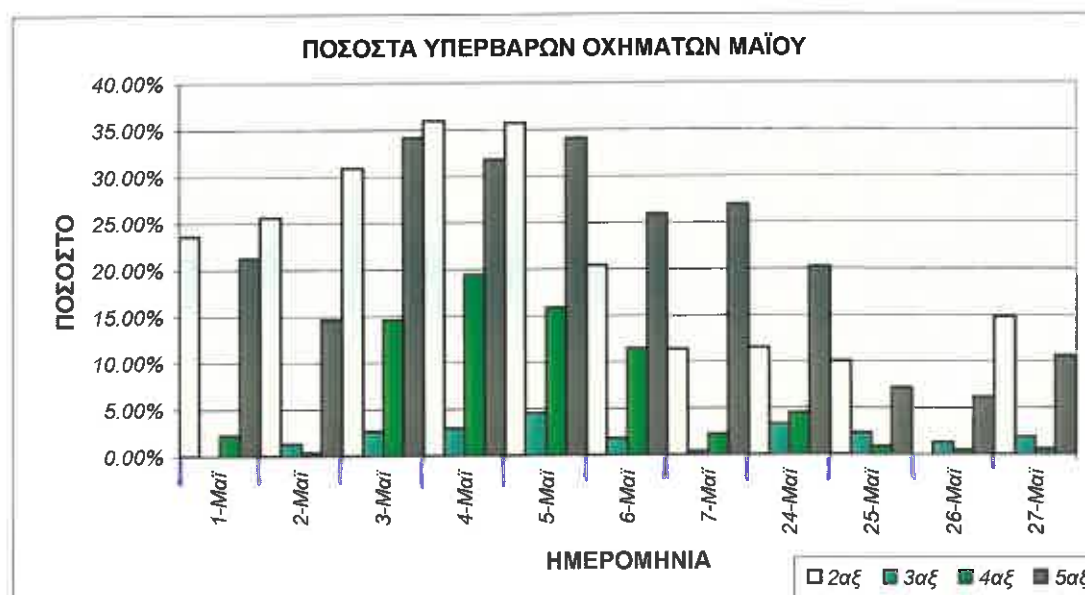
Η επεξεργασία των στοιχείων του συστήματος που αφορούσε τα βάρη των οχημάτων πραγματοποιήθηκε μέσω του παρακάτω διαχωρισμού, ο οποίος αναλυτικά παρουσιάζεται στο Παράρτημα 8:

- Ελαφρά φορτηγά: 4tn -9tn και 9tn -14tn
- Διαξονικά βαρέα οχήματα: 14tn -19tn, 19⁺ tn(υπέρβαρα)
- Τριαξονικά: ανά 5tn μέχρι τους 20tn, 20tn -26tn, 26⁺tn(υπέρβαρα)
- Τετραξονικά: ανά 5tn μέχρι τους 30tn, 30tn -33tn, 33⁺tn(υπέρβαρα)
- Πενταξονικά⁺: ανά 5tn μέχρι τους 40tn, 40⁺tn(υπέρβαρα)

Ο χαρακτηρισμός ενός βαρέος οχήματος ως υπέρβαρο πραγματοποιήθηκε με βάση τα μέγιστα επιτρεπτά βάρη ανά τύπο έμφορτου οχήματος για εθνικές μεταφορές.

Συνεπώς, ο προσδιορισμός των υπέρβαρων οχημάτων ανά κατηγορία για κάθε ημέρα οδήγησε στον υπολογισμό του ποσοστού τους στο σύνολο της κάθε κατηγορίας. Ενδεικτικά στο διάγραμμα 8-3 παρουσιάζονται τα ποσοστά για τον μήνα Μάιο.

Διάγραμμα 8-3: Ποσοστά υπέρβαρων οχημάτων ανά κατηγορία Μαΐου



8.3 ΒΑΡΗ ΑΞΟΝΩΝ

Είναι γνωστό ότι η φθορά που δημιουργείται στο οδόστρωμα προκαλείται από τις διελεύσεις των φορτίων που φέρουν οι διατάξεις αξόνων τροχών. Μια από τις πιο ενδιαφέρουσες λειτουργίες του οργάνου είναι η μέτρηση των φορτίων των αξόνων κάθε οχήματος που περνάει από τους εγκατεστημένους αισθητήρες και η σαφής καταγραφή του αριθμού των αξόνων που διαθέτει. Η λήψη πληροφοριών που αφορούν την κατηγορία των οχημάτων, αν πρόκειται για επιβατικό όχημα (μικρότερο των 4tn), ελαφρύ φορτηγό ή βαρύ όχημα δύο, τριών, τεσσάρων και 5⁺ αξόνων καθώς και πληροφορίες για το βάρος που φέρει κάθε άξονας των κατηγοριοποιημένων οχημάτων δίνει τη δυνατότητα εύρεσης του μέσου βάρους αξόνων για κάθε κατηγορία οχημάτων. Έτσι έχοντας γνώση του μέσου βάρους αξόνων κάθε κατηγορίας και των διελεύσεων επίσης για κάθε

κατηγορία είναι δυνατή η αναγωγή κάθε διέλευσης σε διέλευση τυπικού άξονα για τους μήνες Απρίλιο και Μάιο.

Πίνακας 8-2: Μέσο βάρος άξονα ανά κατηγορία

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	ΜΕΣΟ ΒΑΡΟΣ ΑΞΟΝΑ (tn)
<4tn	0,6
Ελαφρά	4,7
2αξ	9,8
3αξ	8,0
4αξ	6,6
5αξ	7,9

Επιπλέον πραγματοποιήθηκε ο διαχωρισμός των αξόνων ανάλογα με το βάρος που αναλαμβάνουν ανά 1tn και ανά 5tn για κάθε ημέρα, ενώ παράλληλα υπολογίστηκε και το άθροισμα τους ανά ημέρα, όπως και το άθροισμα τους ανά 5 tn για όλες τις ημερομηνίες μέτρησης. Η κατάταξη των αξόνων ανά 1tn ήταν βοηθητική για των υπολογισμό του σταθμισμένου μέσου βάρους της κατανομής ανά 5tn, όπως φαίνεται και στον πίνακα 8-3:

Πίνακας 8-3: Σταθμισμένο μέσο βάρος αξόνων για κατάταξη βαρών αξόνων ανά 5tn

ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΒΑΡΩΝ ΑΞΟΝΩΝ (tn)	ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟ ΜΕΣΟ ΒΑΡΟΣ ΑΞΟΝΩΝ ΑΠΡΙΛΙΟΥ (tn)	ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟ ΜΕΣΟ ΒΑΡΟΣ ΑΞΟΝΩΝ ΜΑΪΟΥ (tn)
0-5	1,52	1,47
5-10	6,94	7,03
10-15	11,99	11,87
15-20	16,51	16,45

Επιλέχθηκαν ορισμένες ημέρες καταγραφής για παρουσίαση της κατάταξης των αξόνων ανά 5tn όπως φαίνεται στον πίνακα 8-4[ολόκληρος ο πίνακας στο Παράρτημα 9]:

Πίνακας 8-4:Κατάταξη αξόνων ανά 5tn

ΗΜΕΡΑ	0-5	5-10	10-15	15-20
25/5	6885	2093	142	5
26/5	4068	1284	76	4
27/5	4292	1024	123	9

Στόχος της συγκεκριμένης διαδικασίας ήταν η εύρεση ισοδύναμων τυπικών αξόνων, χρησιμοποιώντας απευθείας τις καταγραφές αξόνων της συσκευής.

9 ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

9.1 ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΑΞΟΝΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ

Η μετατροπή της μικτής κυκλοφορίας σε ισοδύναμη κυκλοφορία Τυπικού Αξονα για τις ημέρες μέτρησης του Απριλίου και του Μαΐου πραγματοποιήθηκε έχοντας γνωστά το μέσο βάρος αξόνων κάθε κατηγορίας και τις διελεύσεις αξόνων για κάθε κατηγορία οχημάτων. Ο υπολογισμός του αριθμού των φορτίσεων του φορτίου του τυπικού φορτίου των 13 tn πραγματοποιήθηκε μέσω της σχέσης:

$$\frac{N_i}{N_t} = \left(\frac{P_i}{P_t} \right)^4$$

όπου N_i ο αριθμός φορτίσεων του φορτίου P_i

N_t ο αριθμός φορτίσεων του φορτίου του τυπικού φορτίου P_t

Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τις ημέρες μέτρησης του μήνα Μαΐου.

Για το σύνολο της κυκλοφορίας οι Συνολικές Ισοδύναμες Διελεύσεις υπολογίστηκαν από τη σχέση:

$$\Sigma \text{ΙΔ} = N_1 * \left(\frac{P_1}{P_t} \right)^4 + N_2 * \left(\frac{P_2}{P_t} \right)^4 + \dots + N_v * \left(\frac{P_v}{P_t} \right)^4$$

Πίνακας 9-1: Ισοδύναμες αξονικές διελεύσεις Απριλίου ανά κατηγορία και συνολικές ισοδύναμες αξονικές διελεύσεις για τυπικό φορτίο 13 tn στη δεξιά λωρίδα

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ (οχημ.)	ΑΞΟΝΕΣ	Μ. ΒΑΡΟΣ ΑΞΟΝΑ (tn)	ΤΥΠΙΚΟΣ ΑΞΟΝΑΣ 13tn
<4tn	127567	255134	0,6	1
Ελαφρά	5490	10980	4,7	194
2αξ	11614	23228	9,8	7551
3αξ	5751	17253	8,0	2476
4αξ	12585	50340	6,6	3310
5αξ	23713	118565	7,9	16436
ESALs Απριλίου (τυπ.αξον.13tn)				29968

Πίνακας 9-2: Ισοδύναμες αξονικές διελεύσεις Μαΐου ανά κατηγορία και συνολικές ισοδύναμες αξονικές διελεύσεις για τυπικό φορτίο 13 tn στη δεξιά λωρίδα

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ (οχημ.)	ΑΞΟΝΕΣ	Μ. ΒΑΡΟΣ ΑΞΟΝΑ(tn)	ΤΥΠΙΚΟΣ ΑΞΟΝΑΣ 13tn
<4tn	185843	371686	0,6	2
Ελαφρά	5848	11696	4,7	207
2αξ	3661	7322	9,8	2380
3αξ	14350	43050	8,0	6179
4αξ	11405	45620	6,6	3000
5αξ	24042	120210	7,9	16664
ESALs Μαΐου (τυπ.αξον.13tn)				28431

Μία δεύτερη διαδικασία υπολογισμού ισοδύναμων αξονικών διελεύσεων βασίστηκε στην καταγραφή των αξόνων από το σύστημα οι οποίοι όπως προαναφέρθηκε διαχωρίστηκαν ανά 5tn.Χρησιμοποιώντας το μέσο βάρος και τον τύπο

$$\Sigma \Delta = N_1 * \left(\frac{P_1}{P_t} \right)^4 + N_2 * \left(\frac{P_2}{P_t} \right)^4 + \dots + N_v * \left(\frac{P_v}{P_t} \right)^4$$

δημιουργήθηκε ο παρακάτω πίνακας όπου φαίνονται οι ισοδύναμες αξονικές διελεύσεις για τις μέρες μέτρησης.

Πίνακας 9-3: Ισοδύναμες αξονικές διελεύσεις Απριλίου ανά βάρος αξόνων

ΒΑΡΟΣ ΑΞΟΝΩΝ(tn)	ΠΛΗΘΟΣ ΑΞΟΝΩΝ	ΜΕΣΟ ΒΑΡΟΣ ΑΞΟΝΩΝ(tn)	ΤΥΠΙΚΟΣ ΑΞΟΝΑΣ 13tn
0-5	118731	1,52	22
5-10	39351	6,94	3196
10-15	17791	11,99	12874
15-20	3100	16,51	8065
ESALs ΑΠΡΙΛΙΟΥ			24157

Πίνακας 9-4: Ισοδύναμες αξονικές διελεύσεις Μαΐου ανά βάρος αξόνων

ΒΑΡΟΣ ΑΞΟΝΩΝ(tn)	ΠΛΗΘΟΣ ΑΞΟΝΩΝ	ΜΕΣΟ ΒΑΡΟΣ ΑΞΟΝΩΝ(tn)	ΤΥΠΙΚΟΣ ΑΞΟΝΑΣ 13tn
0-5	149215	1,47	25
5-10	21433	7,03	1833
10-15	6671	11,87	4637
15-20	1628	16,45	4174
ESALs ΜΑΙΟΥ			10669

Με την αναγωγή των παραπάνω ESALs σ' ολόκληρους τους μήνες Απρίλιο και Μάιο προέκυψαν οι κάτωθι ισοδύναμες διελεύσεις:

ΙΣΟΔΥΝΑΜΕΣ ΔΙΕΛΕΥΣΕΙΣ ΑΠΡΙΛΙΟΥ	60391
ΙΣΟΔΥΝΑΜΕΣ ΔΙΕΛΕΥΣΕΙΣ ΜΑΙΟΥ	30065

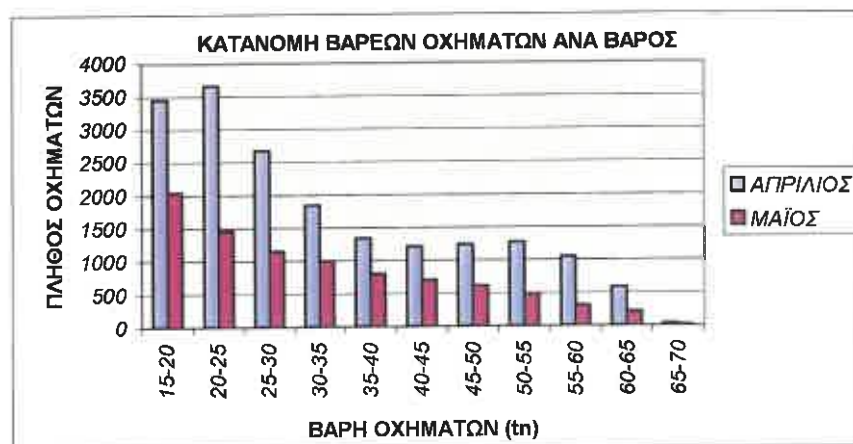
Οι δύο διαδικασίες είχαν σκοπό τη εύρεση συνολικών ισοδύναμων οξονικών διελεύσεων για τους μήνες Απρίλιο και Μάιο χωριστά και την αναγωγή τους σε ετήσιες ισοδύναμες αξονικές διελεύσεις για τον περαιτέρω έλεγχο της δομικής ικανότητας της οδού.

ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Παρατηρείται ότι ανάμεσα στις ισοδύναμες αξονικές διελεύσεις Απριλίου και Μαΐου, όπως προέκυψαν από την πρώτη διαδικασία – μέσω της εκτίμησης της σύνθεσης κυκλοφορίας – δεν υπάρχει μεγάλη διαφορά (29968 και 28431 Ισοδύναμες Τυπικές Διελεύσεις, αντίστοιχα). Η αιτία αυτής της μικρής διαφοράς οφείλεται στις μικρές μεταβολές της ποσοστιαίας κατανομής της κυκλοφορίας ανά κατηγορία και στη θεώρηση σταθερού μέσου βάρους αξόνων και για τους δύο μήνες.

Αντίθετα, ανάμεσα στις ισοδύναμες αξονικές διελεύσεις Απριλίου και Μαΐου, όπως προέκυψαν από τις καταγραφές αξονικού βάρους της συσκευής, υπάρχει μεγάλη διαφορά παρόλο που το πλήθος των ημερών μέτρησης είναι ίδιο. Λαμβάνοντας υπόψη την κατανομή της κυκλοφορίας ανά κατηγορία για τον Απρίλιο και το Μάιο η μεγάλη διαφορά στις ισοδύναμες διελεύσεις δεν είναι αναμενόμενη. Ωστόσο, ελέγχοντας τα φορτία βαρέων οχημάτων παρατηρείται ότι τον Απρίλιο κυκλοφορούσαν με μεγαλύτερο φορτίο σε σύγκριση με το Μάιο (διάγραμμα 9-1).

Διάγραμμα 9-1: Σύνθεση κυκλοφορίας βαρέων οχημάτων ανά βάρος για του μήνες Απρίλιο και Μάιο



Από τον πίνακα 9-5, που αποτελεί συγκεντρωτικό πίνακα του παραρτήματος 8 για τα υπέρβαρα οχήματα, παρατηρείται ότι το ποσοστό κυκλοφορίας των για το μήνα Απρίλιο είναι πολύ μεγαλύτερο από αυτό του Μαΐου.

Πίνακας 9-5: Συγκεντρωτικός πίνακας υπέρβαρων

ΜΗΝΑΣ	ΥΠΕΡΒΑΡΑ ΟΧΗΜΑΤΑ	ΣΥΝΟΛΟ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΥΠΕΡΒΑΡΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	9237	21206	43,55%
ΜΑΪΟΣ	2380	15949	14,92%

Συγκρίνοντας τις δύο διαφορετικές διαδικασίες εύρεσης ισοδύναμων αξονικών διελεύσεων συμπεραίνεται ότι στον υπολογισμό τους χρειάζεται να λαμβάνεται υπόψη ο προσδιορισμός των πραγματικών κυκλοφορούντων αξονικών φορτίων. Αιτία αποτελεί η διαφοροποίηση των βαρών των οχημάτων, και κατά συνέπεια ανά άξονα, η οποία διαπιστώθηκε κατά τις ημέρες λειτουργίας της συσκευής.

9.2 ΕΤΗΣΙΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΙΣΟΔΥΝΑΜΩΝ ΑΞΟΝΙΚΩΝ ΔΙΕΛΕΥΣΕΩΝ

Γνωρίζοντας την ετήσια κυκλοφορία ανά κατηγορία οχημάτων στη δεξιά λωρίδα της οδού υπολογίστηκαν οι συνολικές διελεύσεις αξόνων ανά κατηγορία. Από τα στοιχεία της συσκευής λήφθηκαν τα μέσα βάρη αξόνων ανά κατηγορία

και στη συνέχεια βρέθηκαν οι συνολικές ετήσιες διελεύσεις αξόνων για τυπικό φορτίο 13 tn μέσα από τη σχέση:

$$ΣΙΔ = N_1 * \left(\frac{P_1}{P_t}\right)^4 + N_2 * \left(\frac{P_2}{P_t}\right)^4 + N_3 * \left(\frac{P_3}{P_t}\right)^4 + N_4 * \left(\frac{P_4}{P_t}\right)^4 + N_5 * \left(\frac{P_5}{P_t}\right)^4 + N_6 * \left(\frac{P_6}{P_t}\right)^4$$

Στον συγκεντρωτικό πίνακα 9-6 παρουσιάζονται οι ετήσιες ισοδύναμες διελεύσεις αξόνων ανά κατηγορία οχημάτων και οι συνολικές ετήσιες ισοδύναμες αξονικές διελεύσεις για τυπικό φορτίο 13 tn.

Πίνακας 9-6: Ετήσιες ισοδύναμες αξονικές διελεύσεις ανά κατηγορία και συνολικές ετήσιες ισοδύναμες αξονικές διελεύσεις για τυπικό φορτίο 13 tn στη δεξιά λωρίδα

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ (οχημ.)	ΑΞΟΝΕΣ	Μ. ΒΑΡΟΣ ΑΞΟΝΑ (tn)	ΤΥΠΙΚΟΣ ΑΞΟΝΑΣ 13tn
<4tn	1880272	3760544	0,6	22
Ελαφρά	71352	142704	4,7	2521
2αξ.	104969	209938	9,8	68244
3αξ.	116973	350919	8,0	50367
4αξ.	151552	606208	6,6	39861
5αξ+.	300220	1501100	7,9	208084
ΕΤΗΣΙΑ ESALS (τυπ.αξον.13tn)				368203

Ωστόσο, με τη βοήθεια των στοιχείων Τ.Ε.Ο. ακολουθήθηκε μια εναλλακτική διαδικασία πρόβλεψης ετήσιων ισοδύναμων αξονικών διελεύσεων. Το ποσοστό κυκλοφορίας Απριλίου και Μαΐου στη ετήσια κυκλοφορία, σύμφωνα με τα στοιχεία Τ.Ε.Ο. για το 2004, αποτελεί το 16,45%. Γίνεται η παραδοχή ότι η κατανομή των ισοδύναμων αξονικών διελεύσεων ακολουθεί την κατανομή της κυκλοφορίας. Δηλαδή το ποσοστό των ισοδύναμων αξονικών διελεύσεων και για τους δύο μήνες (Απρίλιο και Μάιο) παραμένει το ίδιο στις ετήσιες αξονικές διελεύσεις (16,45%). Ο υπολογισμός των ετήσιων ισοδύναμων αξονικών διελεύσεων προέκυψε από τον τύπο:

$$ΕΤΗΣΙΕΣ \cdot ΙΔ = \frac{ESALS \cdot Απριλίου + ESALS \cdot Μαιου}{\sum Ποσοστά \cdot Κυκλοφορίας \cdot 2004}$$

Αρχικά, χρησιμοποιήθηκαν οι ισοδύναμες αξονικές διελεύσεις όπως προέκυψαν μέσω της εκτίμησης μηνιαίων κυκλοφοριών για Απρίλιο και Μάιο και υπολογίστηκε:

ΕΤΗΣΙΕΣ ΙΣΟΔΥΝΑΜΕΣ ΔΙΕΛΕΥΣΕΙΣ ΤΥΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ ΣΤΗ ΔΕΞΙΑ ΛΩΡΙΔΑ	355010
--	---------------

Στη συνέχεια, από τις ισοδύναμες αξονικές διελεύσεις που προήλθαν από την καταγραφή αξονικών φορτίων μέσω της συσκευής προέκυψε:

ΕΤΗΣΙΕΣ ΙΣΟΔΥΝΑΜΕΣ ΔΙΕΛΕΥΣΕΙΣ ΤΥΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ ΣΤΗ ΔΕΞΙΑ ΛΩΡΙΔΑ	549885
--	---------------

Τα στοιχεία Τ.Ε.Ο. για το πρώτο εξάμηνο του 2005 χρησιμοποιήθηκαν στον υπολογισμό ετήσιων ισοδύναμων αξονικών διελεύσεων ύστερα από αναγωγή τους στο έτος, με σκοπό να συγκριθούν με τα παραπάνω αποτελέσματα που προέκυψαν από τη συσκευή. Για τη μετατροπή της εξάμηνης κυκλοφορίας στο έτος αξιοποιήθηκαν τα στοιχεία κυκλοφορίας του 2004 και για την προσαρμογή της στη δεξιά λωρίδα τα στοιχεία από τις καταγραφές παρατηρητών. Σημειώνεται ότι οι κατηγορίες Τ.Ε.Ο. έχουν αναχθεί στις κατηγορίες των παρατηρητών. Στον πίνακα 9-7 παρουσιάζεται η εκτίμηση της ετήσιας κυκλοφορίας στη δεξιά λωρίδα ανά κατηγορία Τ.Ε.Ο και στον πίνακα 9-8 η εκτίμηση ισοδύναμων αξονικών διελεύσεων.

Πίνακας 9-7: Πρόβλεψη ετήσιων διελεύσεων στη δεξιά λωρίδα ανά κατηγορία Τ.Ε.Ο.

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	
1	35927
2	1813437
3	103438
4	10531
5	86066
6	18523

Πίνακας 9-8: Υπολογισμός ετήσιων ισοδύναμων αξονικών διελεύσεων

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	ΠΛΗΘΟΣ ΑΞΟΝΩΝ	ΜΕΣΟ ΒΑΡΟΣ ΑΞΟΝΩΝ	ΤΥΠΙΚΟΣ ΑΞΟΝΑΣ 13tn
<3tn	3735774	0,6	17
2αξ	206877	7,7	25463
3αξ	31592	8,0	4531
4αξ ⁺	430328	8,4	75015
ΕΤΗΣΙΑ ESALs(τυπ. αξ. 13tn)			105026

ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Οι ισοδύναμες αξονικές διελεύσεις που υπολογίστηκαν μέσω των δεδομένων που προήλθαν από την κατανομή κυκλοφορίας (μηνιαία και ετήσια) παρατηρείται ότι κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα. Εξαίρεση αποτελούν οι

ισοδύναμες αξονικές διελεύσεις που προβλέφθηκαν από τις καταγραφές αξονικών φορτίων του συστήματος καθώς υπολογίστηκε μεγάλο πλήθος ισοδύναμων τυπικών αξόνων. Βεβαίως αυτό είχε ήδη εντοπιστεί από την εκτίμηση που πραγματοποιήθηκε για το σύνολο των ημερών του Απριλίου και Μαΐου, καθώς ο προσδιορισμός τους βασίστηκε σε πραγματικές καταγραφές αξονικών φορτίων. Επίσης η κατάταξη των αξόνων ανά 5 tn με σκοπό την εύρεση μέσου βάρους οδήγησε επιπλέον στη μεγαλύτερη απόκλιση των αποτελεσμάτων. Στην περίπτωση υπολογισμού ESALs μέσω κυκλοφορίας οχημάτων, τα μέσα βάρη ανά κατηγορία διαφέρουν από εκείνα που προκύπτουν από την επεξεργασία των φορτίων των αξόνων όπου δεν λαμβάνεται υπόψη η κατηγορία των οχημάτων. Η επεξεργασία φορτίων αξόνων μέσω κατάταξης τους δίνει πιο ακριβή μέσα βάρη από αυτή που αναφέρεται στην εύρεση μέσου βάρους από το διαχωρισμό των κατηγοριών.

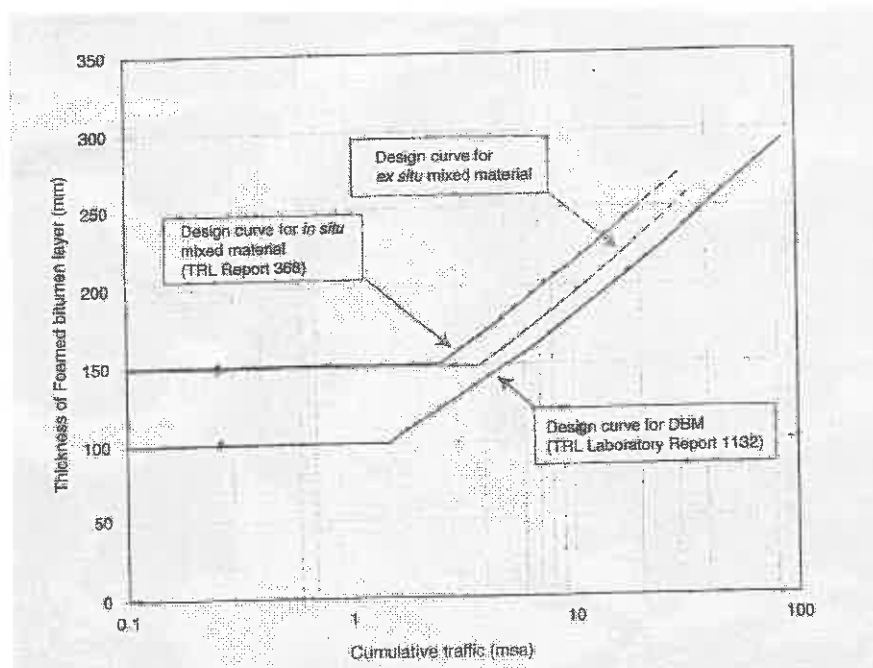
Όσον αφορά την αναγωγή των στοιχείων T.E.O. σε ετήσιες ισοδύναμες αξονικές διελεύσεις δεξιάς λωρίδας, τα αποτελέσματα που προέκυψαν σε σύγκριση με αυτά της συσκευής είναι δυσανάλογα. Το T.E.O. χρησιμοποιεί κατηγορίες οχημάτων, οι οποίες δύσκολα μπορούν να αξιοποιηθούν από μηχανικό και να οδηγήσουν σε ασφαλή συμπεράσματα για την διαστασιολόγηση των οδοστρώματων.

9.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

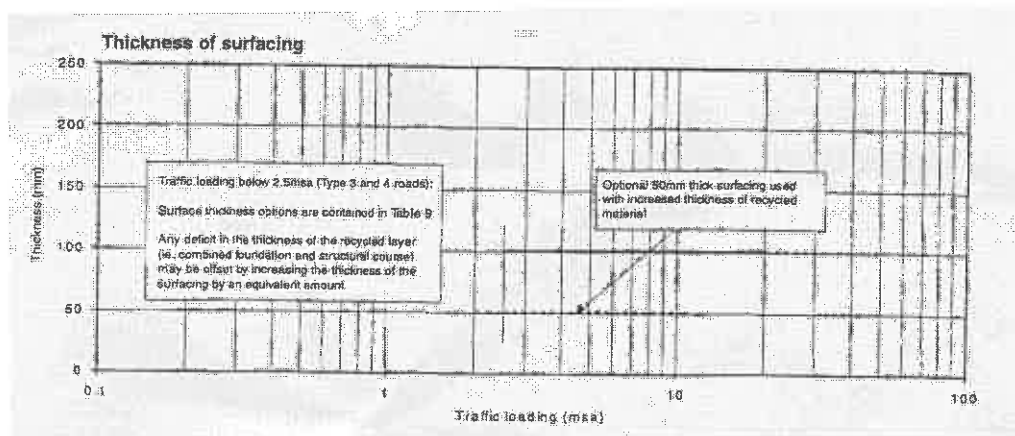
Ο προσδιορισμός του κυκλοφοριακού φόρτου σε ισοδύναμους άξονες οδηγεί στην απλοποίηση της έκφρασης που αφορά στην καταστρεπτική επίδραση της κυκλοφορίας στο οδόστρωμα. Οι ισοδύναμοι τυπικοί άξονες αποτελούν μία από τις θεμελιώδεις παραμέτρους για τη διαδικασία υπολογισμού του πάχους των στρώσεων του οδοστρώματος, μέσα από σύγχρονες μεθόδους διαστασιολόγησης οδοστρώματων. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν δύο μέθοδοι υπολογισμού πάχους οδοστρώματος για κάθε μια από τις διαδικασίες υπολογισμού ετήσιων ισοδύναμων αξονικών διελεύσεων..

Σύμφωνα με τη πρώτη μέθοδο οι ισοδύναμες αξονικές διελεύσεις μετατράπηκαν σε Εκατομμύρια Τυπικών Αξόνων (Million Standard Axles-msa), ώστε να είναι δυνατή η χρήση των διαγραμμάτων 9-2 και 9-3.

Διάγραμμα 9-2: Προσδιορισμός πάχους στρώσης βάσης



Διάγραμμα 9-3: Προσδιορισμός πάχους ασφαλτικής στρώσης



Από τον υπολογισμό των ισοδύναμων αξονικών διελεύσεων μέσω εκτίμησης της ετήσιας κυκλοφορίας στη δεξιά λωρίδα βρέθηκε το πάχος του οδοστρώματος θεωρώντας περίοδο σχεδιασμού 15 έτη.

$$- 368203 \text{ ESALs} * 15 \text{ έτη} = 5523045 \text{ ESALs ή } 5,5 \text{ msa}$$

- ο ασφαλτική στρώση: 100mm
- ο στρώση βάσης: 188mm

ΣΥΝΟΛΟ: 290mm

Οι ετήσιες αξονικές διελεύσεις που εκτιμήθηκαν από τις καταγραφές αξονικού βάρους από το σύστημα οδήγησαν στον προσδιορισμό της τιμής του πάχους του οδοστρώματος για την ίδια περίοδο σχεδιασμού (15 έτη).

– $549885 \text{ ESALs} * 15 \text{ έτη} = 8248275 \text{ ESALs}$ ή $8,2 \text{ msa}$

- ο ασφαλτική στρώση: 100mm
- ο στρώση βάσης: 198mm

ΣΥΝΟΛΟ: 300mm

Τέλος, από την εκτίμηση των ετήσιων αξονικών διελεύσεων με βάση τα στοιχεία Τ.Ε.Ο. υπολογίστηκε το πάχος του οδοστρώματος για την ίδια περίοδο σχεδιασμού (15 έτη):

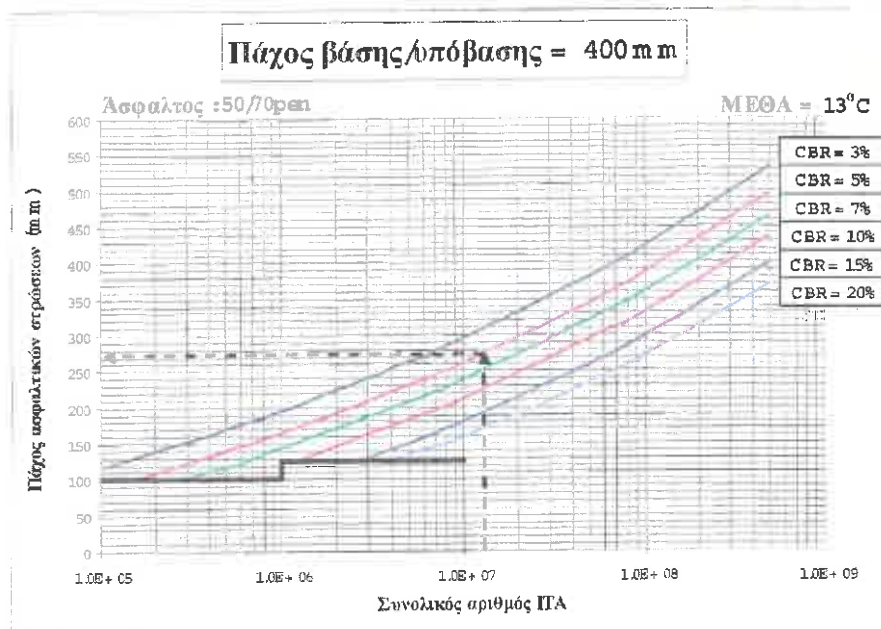
– $105026 \text{ ESALs} * 15 \text{ έτη} = 1575390 \text{ ESALs}$ ή $1,6 \text{ msa}$

- ο ασφαλτική στρώση: 100mm
- ο στρώση βάσης: 150mm

ΣΥΝΟΛΟ: 250mm

Σύμφωνα με τη μέθοδο για τις αντίστοιχες περιπτώσεις υπολογισμού ετήσιων αξονικών διελεύσεων υπολογίστηκε η ασφαλτική στρώση από το διάγραμμα 9-4[14]. Ο προσδιορισμός της έγινε για διάρκεια ζωής 15 έτη με την παραδοχή θερμοκρασίας 13°C , CBR 10% και πάχος βάσης/υπόβασης 400mm.

Διάγραμμα 9-4: Νομογράφημα προσδιορισμού ασφαλτικής στρώσης



Για τις αντίστοιχες διαδικασίες υπολογισμού ετήσιων ισοδύναμων αξονικών διελεύσεων προκύπτουν τα εξής:

1. Μέσω ετήσιας κυκλοφορίας (5523095 ESALs)

- ασφαλτική στρώση: 195 mm
- στρώση βάσης/ υπόβασης: 400mm

ΣΥΝΟΛΟ: 600mm

2. Μέσω καταγραφής αξονικών φορτίων (8248275 ESALs)

- ασφαλτική στρώση: 208 mm
- στρώση βάσης/ υπόβασης: 400mm

ΣΥΝΟΛΟ: 610mm

3. Μέσω στοιχείων T.E.O. (1575390 ESALs)

- ασφαλτική στρώση: 158 mm
- στρώση βάσης/ υπόβασης: 400mm

ΣΥΝΟΛΟ: 560mm

ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Η διαφορά που παρατηρείται ανάμεσα στα πάχη του οδοστρώματος όπως προσδιορίστηκαν μέσω των στοιχείων του συστήματος και μέσω T.E.O. και για τις δύο μεθόδους είναι σημαντική. Υπολογίστηκε ότι η τιμή της διαφοράς είναι 40mm που σημαίνει ότι αν επιλεγεί η διαστασιολόγηση του με τα στοιχεία T.E.O. υφίσταται η πιθανότητα υποδιαστασιολόγησης του. Άλλωστε τα στοιχεία αυτά αναφέρονται στη διατομή της οδού και η αναγωγή τους στη δεξιά λωρίδα μέσω μετρήσεων παρατηρητών γίνεται με παραδοχές. Από την άλλη το όργανο λόγω καταγραφής στοιχείων σε πραγματικό χρόνο δίνει μια πιο αξιόπιστη εικόνα της σύνθεσης της κυκλοφορίας στη δεξιά λωρίδα, η οποία αφορά άμεσα στον υπολογισμό του οδοστρώματος.

10 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Για την προσομοίωση της κυκλοφορίας στα μοντέλα υπολογισμού με σκοπό την εύρεση της καταπόνησης των οδοστρωμάτων από το φορτίο κυκλοφορίας απαιτείται να είναι γνωστή τόσο η ποιοτική, όσο και η ποσοτική ανάλυση της. Για τον προσδιορισμό των στοιχείων αυτών χρησιμοποιούνται κατάλληλες συσκευές μέτρησης, οι οποίες προσδιορίζουν τον αριθμό και το φορτίο αξόνων, την ταχύτητα και τον τύπο οχημάτων που διέρχονται από ένα συγκεκριμένο σημείο. Οι συσκευές αυτές, γνωστές ως συστήματα Weight-in-Motion (WIM), αποτελούν εργαλείο για την καταμέτρηση των βαρέων οχημάτων τα οποία προκαλούν τη μεγαλύτερη φθορά στο οδόστρωμα.

Το σύστημα Weight-in-motion που διαθέτει ο Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής υποδομής είναι μια φορητή συσκευή, η οποία μπορεί να εγκατασταθεί σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Η εύκολη τοποθέτησή της σε συνδυασμό με το γεγονός ότι πρόκειται για ένα φορητό σύστημα την καθιστά λειτουργική όσον αφορά τη συλλογή στοιχείων σε διαφορετικά οδικά τμήματα ανάλογα με τις απαιτήσεις ελέγχου και υπολογισμού οδοστρωμάτων. Από την έρευνα προκύπτει ότι οι αισθητήρες που δέχεται η συσκευή είναι ευπαθείς διατάξεις και προϋποθέτουν τακτικό έλεγχο για τη σωστή λειτουργία της, έτσι ώστε να διασφαλίζεται η αποτελεσματικότητά τους.

Η βέλτιστη ακρίβεια του συστήματος επιτυγχάνεται μέσω της προσεκτικής βαθμονόμησης του, η οποία πραγματοποιείται με τη χρήση βαρέως οχήματος γνωστού βάρους. Επίσης για την ενίσχυση της αξιοπιστίας της διαδικασίας χρειάζεται να λαμβάνονται υπόψη οι διελεύσεις οχημάτων διαφορετικού αλλά γνωστού βάρους. Η σωστή βαθμονόμηση εξασφαλίζει την εγκυρότητα των κρίσιμων δεδομένων που απαιτούνται για τον σχεδιασμό και τη διαχείριση οδοστρωμάτων καθώς η συσκευή και γενικότερα τα συστήματα WIM έχουν τη δυνατότητα να προσδιορίζουν τα δυναμικά χαρακτηριστικά των βαρέων οχημάτων.

Οι καταγραφές του συστήματος που αφορούν το βάρος των οχημάτων (συνολικό και αξονικό) επιτρέπουν και τον προσδιορισμό των υπέρβαρων οχημάτων. Το ελληνικό εθνικό οδικό δίκτυο παρουσιάζει σημαντική ποικιλία τύπων βαρέων οχημάτων και φορτίσεων από αυτά. Το ποσοστό των υπέρβαρων

παρουσιάζεται ιδιαίτερα σημαντικό και σε κάποιες περιπτώσεις αρκετά υψηλό. Ωστόσο οι ταχύτητες των βαρέων οχημάτων που παρατηρούνται στο οδικό δίκτυο υπερβαίνουν τις συνήθειες που χρησιμοποιούνται στο σχεδιασμό οδοστρωμάτων. Ο προσδιορισμός των υπέρβαρων οχημάτων αλλά και των ταχυτήτων είναι σημαντικό να συνυπολογίζεται στο σχεδιασμό των οδοστρωμάτων καθώς επισπεύδουν τη φθορά και μειώνουν το χρόνο ζωής τους.

Η επεξεργασία των κυκλοφοριακών μετρήσεων, όπως προκύπτει από τη συσκευή, σε συνδυασμό με τις καταγραφές βάρους και πλήθους αξόνων οδήγησε στον υπολογισμό ισοδύναμων αξονικών διελεύσεων. Οι ισοδύναμοι τυπικοί άξονες εκφράζουν κυκλοφοριακό φόρτο και χρησιμοποιούνται στο σχεδιασμό της δομικής ικανότητας της οδού. Γνωρίζοντας τις ισοδύναμες διελεύσεις προσδιορίζεται το πάχος του οδοστρώματος μέσω μεθόδων που έχουν αναπτυχθεί. Οι συσκευές WIM δίνουν τη δυνατότητα υπολογισμού ισοδύναμων τυπικών αξόνων τόσο μέσω εκτίμησης της σύνθεσης κυκλοφορίας λαμβάνοντας υπόψη μέσα βάρη ανά κατηγορία οχημάτων όσο και μέσω καταγραφών αξονικού βάρους. Παρατηρήθηκε ότι χρονικά διαστήματα για περίπου ίδια σύνθεση και όγκο κυκλοφορίας οχημάτων μπορούν να δώσουν διαφορετικά αποτελέσματα ESALs, λόγω διαφοροποίησης βάρους. Επομένως χρειάζεται να υπολογίζονται τα πραγματικά κυκλοφορούντα αξονικά φορτία διότι τα βάρη των οχημάτων διαφοροποιούνται ανά άξονα.

Εξάλλου μελετώντας άλλους τρόπους εύρεσης ισοδύναμων τυπικών αξόνων χωρίς τη χρήση WIM διαπιστώθηκε μεγάλη διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν και από τις δύο διαδικασίες (με και χωρίς WIM). Η διαφοροποίηση μεταξύ των αποτελεσμάτων οφείλεται στο γεγονός ότι στις μεθόδους χωρίς τη χρήση WIM γίνεται εκτίμηση βαρών με παραδοχές (προσεγγίσεις) σε αντίθεση με τα συστήματα WIM τα οποία πραγματοποιούν καταγραφές πραγματικού βάρους.

Αποβλέποντας σε μεγαλύτερης ακρίβειας εκτιμήσεις ισοδύναμων αξονικών διελεύσεων είναι σκόπιμο να πραγματοποιηθεί περαιτέρω έρευνα, ώστε να προσδιοριστεί η κατανομή φορτίων στη διάρκεια του έτους. Με τη χρήση επαναληπτικών μετρήσεων μπορεί να συγκεντρωθούν χρήσιμες πληροφορίες και για τη διακύμανση των διελεύσεων ισοδύναμων τυπικών αξόνων μέσα στο έτος. Τα συστήματα WIM μπορούν να συμβάλουν στη

δημιουργία τράπεζας πληροφοριών με κυκλοφοριακά δεδομένα χρήσιμα για τη διαχείριση οδοστρωμάτων στην Ελλάδα.

Συνοψίζοντας, κρίνεται απαραίτητη η χρήση των συστημάτων weight-in-motion για την ασφαλή διαστασιολόγηση του οδοστρώματος, καθώς προσδιορίζονται με ικανοποιητική ακρίβεια τα δυναμικά χαρακτηριστικά των οχημάτων και ειδικότερα των βαρέων. Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται σε πραγματικό χρόνο, επομένως συλλέγονται τα απαραίτητα στοιχεία που αφορούν τον υπολογισμό των οδοστρωμάτων. Τέλος, τα συστήματα WIM προλαμβάνουν την καταστροφή του οδοστρώματος μέσα από την καταγραφή των πραγματικών φορτίων κυκλοφορίας, τα οποία μέχρι πρότινος βασίζονταν στη διάγνωση τους από συστήματα προσδιορισμού στατικού βάρους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Σ. Κόλιας, Α. Λοΐζος, **“Σημειώσεις οδοστρωμάτων”**, εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα 1999
- [2] J. A. Deacon, **“Load equivalency in flexible pavements”**, AAPT, 1969
- [3] E. J. Yorder , M. W. Witczac, **“Principles of pavement design”**, εκδόσεις Γκιούρδας, 1987
- [4] **“Accelerated full-scale load testing of recycled heavy duty macadam roadbase material”**, TRL Report 193
- [5] **“Θεωρητική Εκπαίδευση Υποψηφίων Οδηγών Φορτηγών”**, Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών, Αθήνα 2004
- [6] Ι.Μ. Φραντζεσκάκης , Γ.Α. Γιαννόπουλος, **“Σχεδιασμός των μεταφορών και κυκλοφοριακή τεχνική” (Γ΄ έκδοση)**, εκδόσεις Παρατηρητής, Αθήνα 1986
- [7] **“Weight-in-motion of axles and vehicles for Europe”**, 4th Framework Programme Transport, LCPC 2001
- [8] **“Product catalog”**, International Road Dynamics inc., Canada 2003
- [9] **“Product catalog”**, Peektraffic
- [10] **“Product catalog”**, Goldenriver Traffic ltd., United Kingdom 2005
- [11] **“TRAFMAN operator’s manual”**, International Road Dynamics inc., Canada 2003
- [12] **“TC/C540 operator’s manual”**, International Road Dynamics inc., Canada 2003
- [13] O.E.C.D., ROAD TRANSPORT RESEARCH, **“Heavy trucks, climate and pavement damage”**, Paris 1988
- [14] Α. Φ. Νικολαΐδης, **“Νέα μεθοδολογία διαστασιολόγησης εύκαμπτων οδοστρωμάτων”**, 3^ο Διεθνές Συνέδριο Ασφαλτικά Μίγματα και Οδοστρώματα, Θεσσαλονίκη 2002

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1^ο: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ(ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ)

Data For Site: KA

Info 1: R

Info 2:

Storage Mode : WIM

Start Time : 04/15/05 at 18:00

Stop Time : 04/15/05 at 23:59

Data collected by a TCC-540 (ver 2.82)

Counter Serial Number: 0308-8365

Time= 18:00:00.00 Date= 04/15/05 (Apr 15, 2005 Fri)

Binning Setup: 13 Axle (DEFAULTA.AXL), 16 Speed
(DEFAULTX.SPD), 13 Length (DEFAULTX.LEN), 8 Gap (DEFAULTX.GAP),
8 Headway (DEFAULTX.HED)

1: Info: R

Store: ALL Sensors: WIM-WIM

Sensor Spacing: 303cm Extra Info:

WIM Channel #1: Generic,100,3,5,0,3.200 Auto
Setup=Disabled,0,0,0,0+,1.000

WIM Channel #2: Generic,100,3,5,0,3.200 Auto
Setup=Disabled,0,0,0,0+,1.000

1: 18:00:04.88 126.9kph, 2 Axles, Length= 267cm, A#2 S#13 L#2
G#4 H#4 , 267cm, GVW tonnes= 1.1, 0.5, 0.5

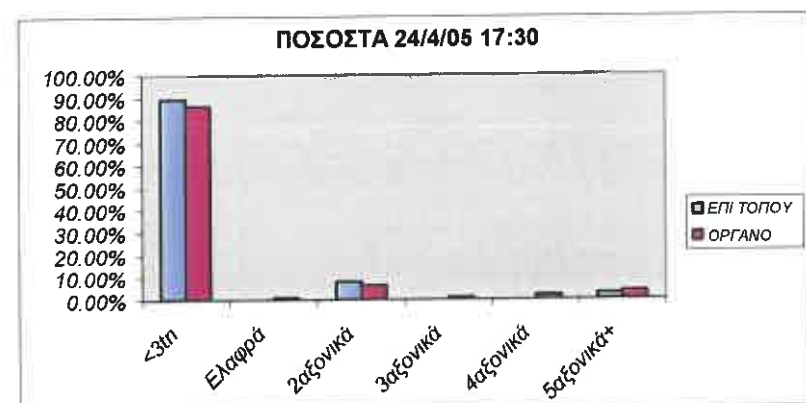
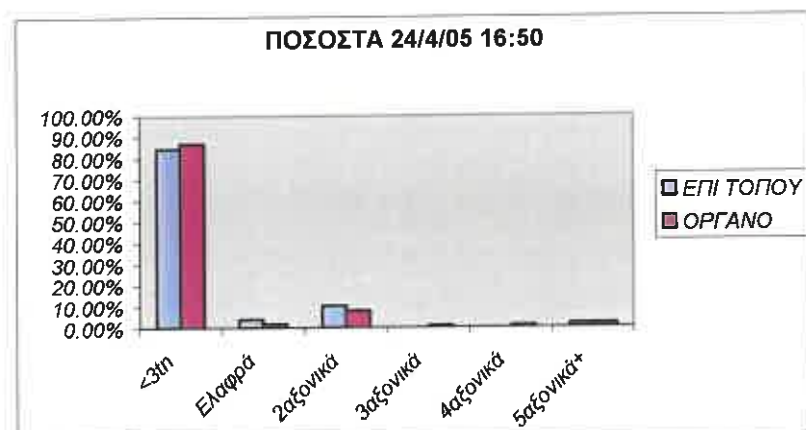
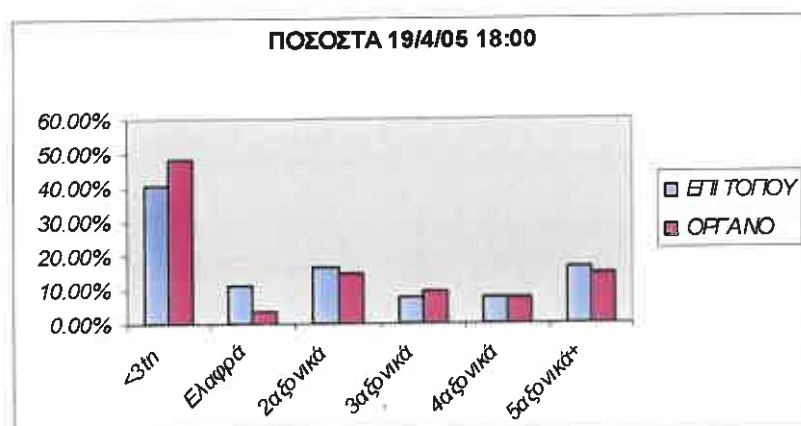
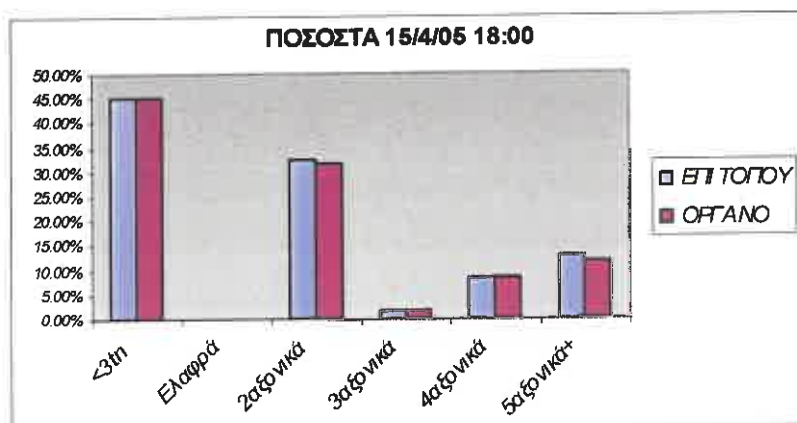
1: 18:00:27.42 83.3kph, 4 Axles, Length=1051cm, A#8 S#8 L#7 G#5
H#5 , 380cm 537cm 134cm, GVW tonnes= 34.6, 9.9, 10.1, 6.9, 7.5

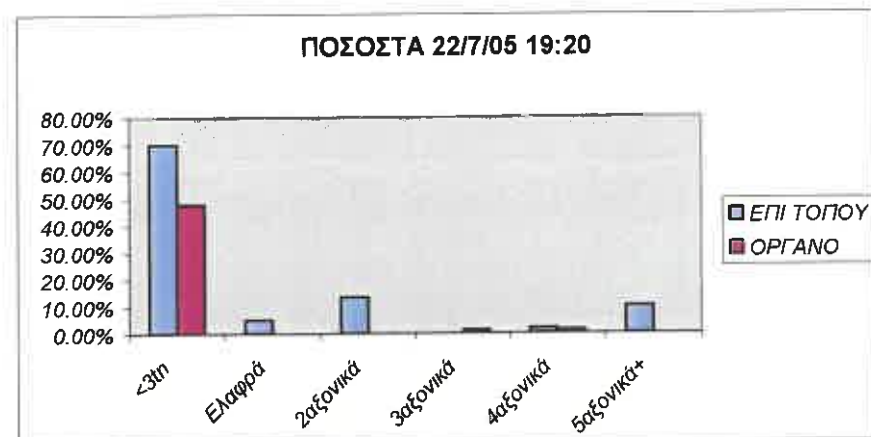
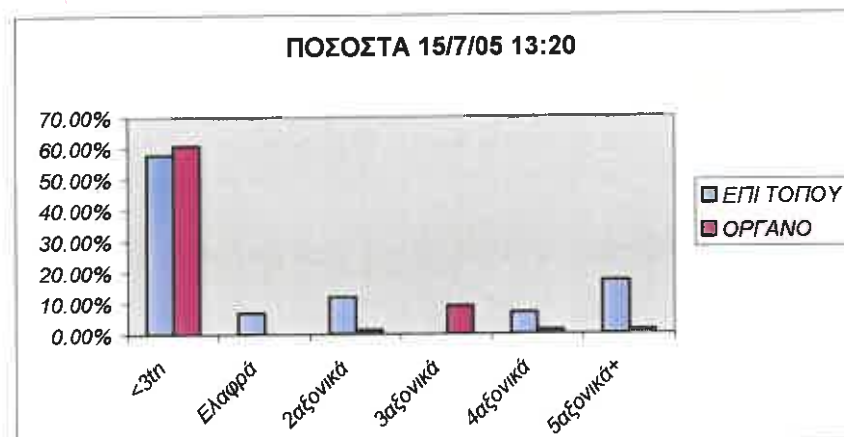
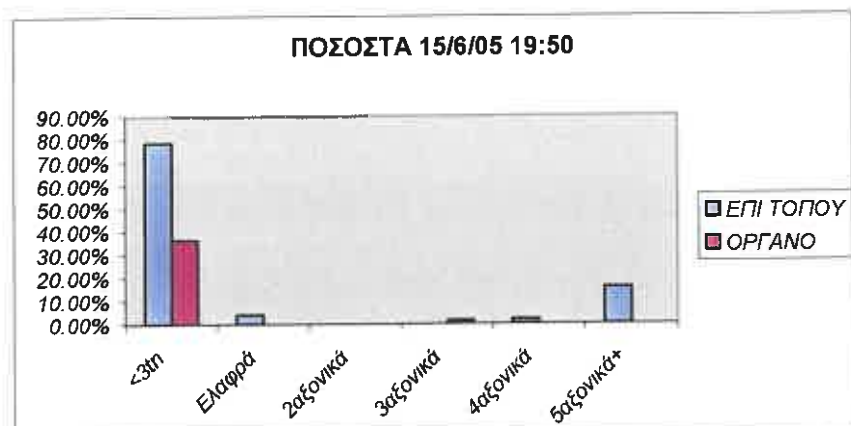
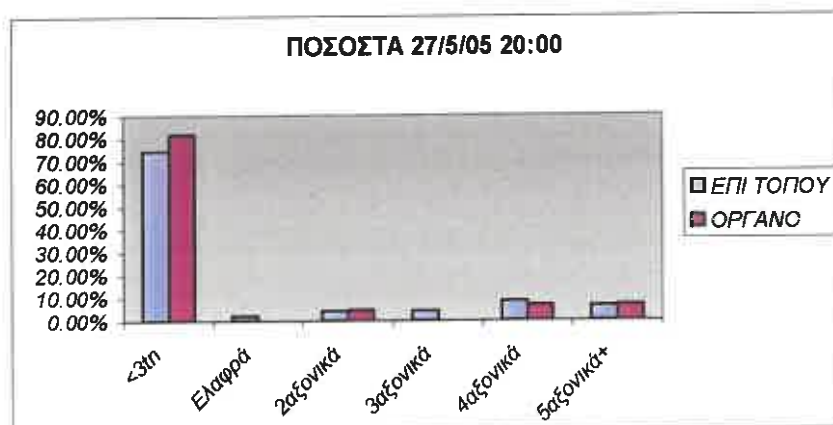
1: 18:00:29.81 93.1kph, 2 Axles, Length= 258cm, A#2 S#9 L#2 G#1
H#1 , 258cm, GVW tonnes= 0.4, 0.1, 0.2

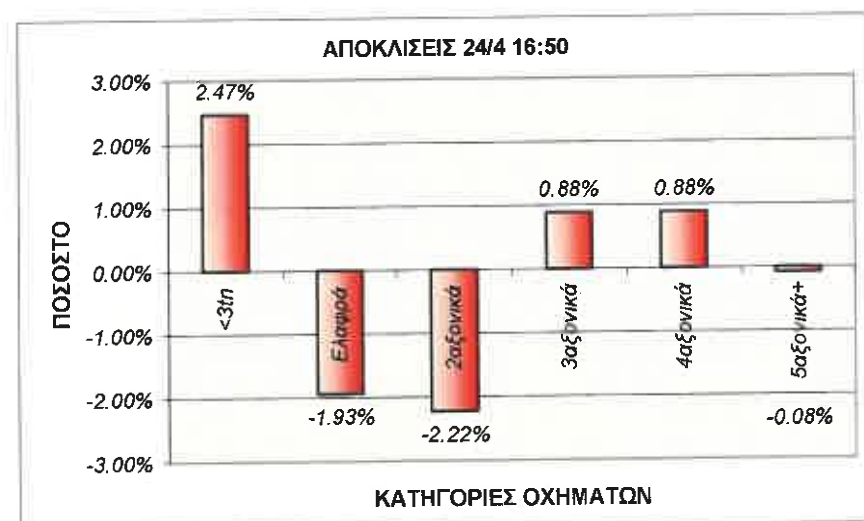
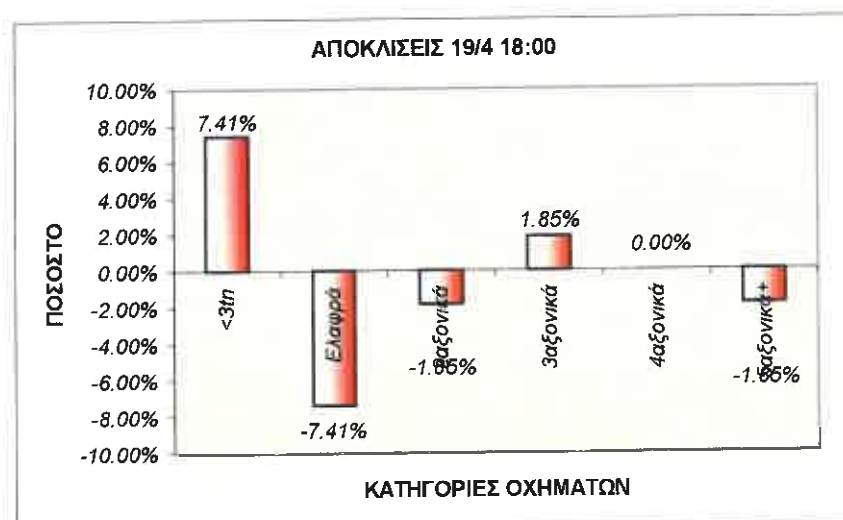
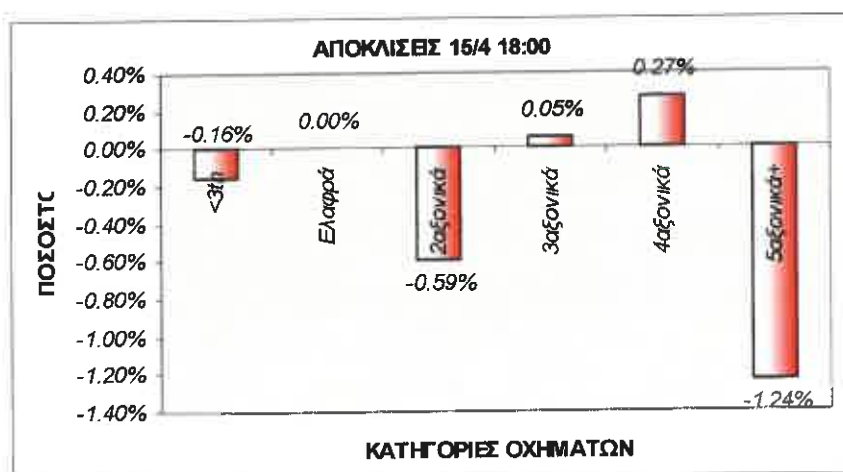
1: 18:00:36.41 90.3kph, 2 Axles, Length= 609cm, A#5 S#9 L#5 G#2
H#2 , 609cm, GVW tonnes= 26.5, 9.8, 16.6

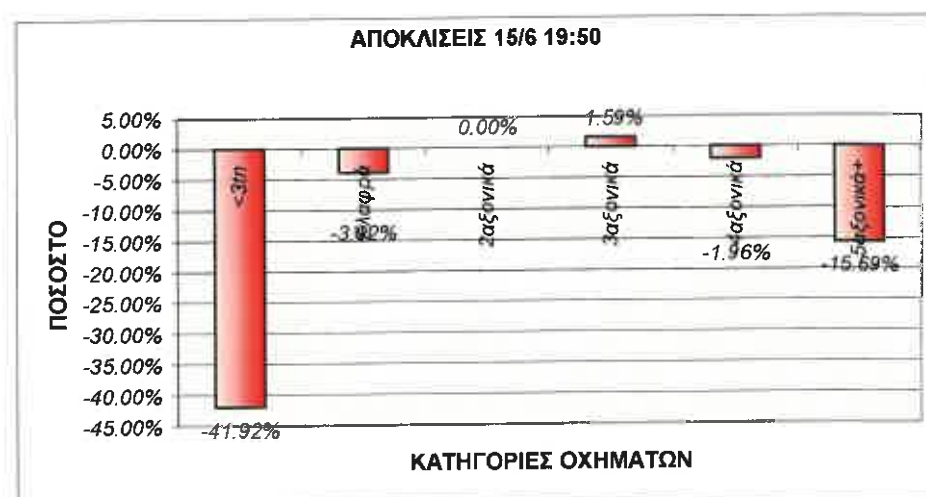
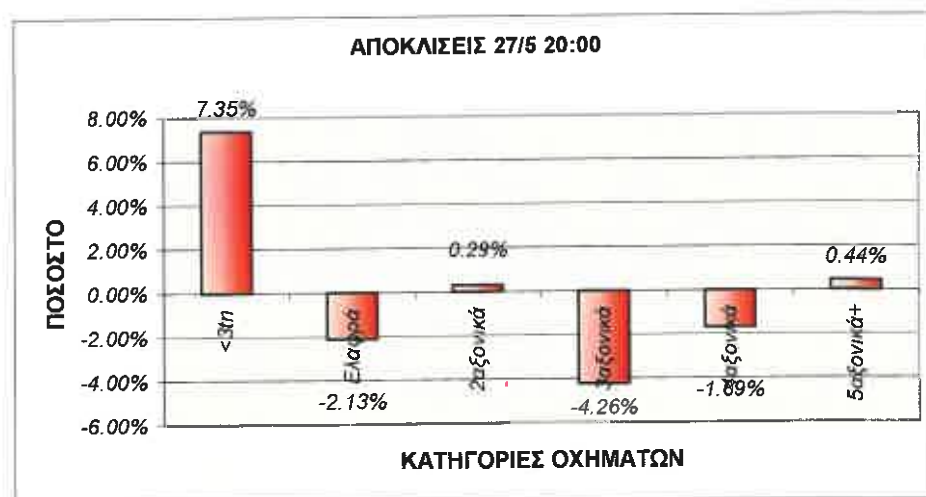
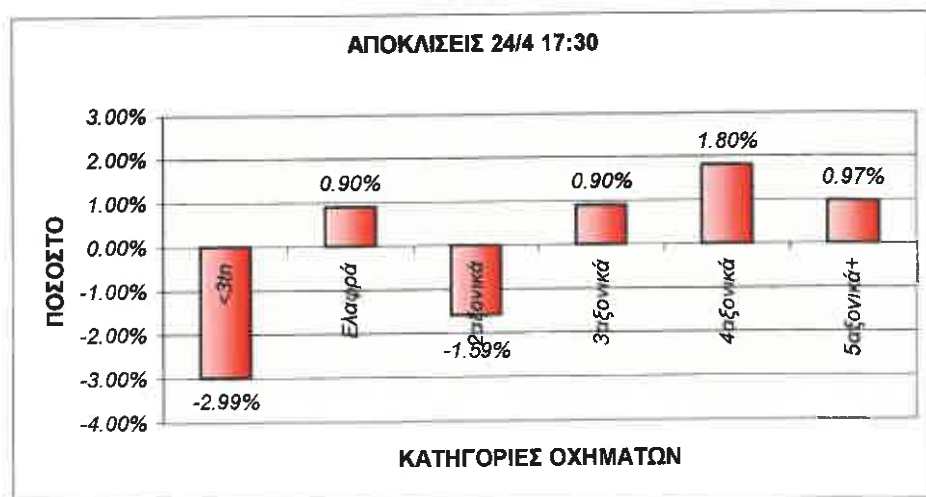
1: 18:00:49.52 115.2kph, 2 Axles, Length= 240cm, A#2 S#12 L#2
G#3 H#3 , 240cm, GVW tonnes= 1.8, 0.5, 1.2

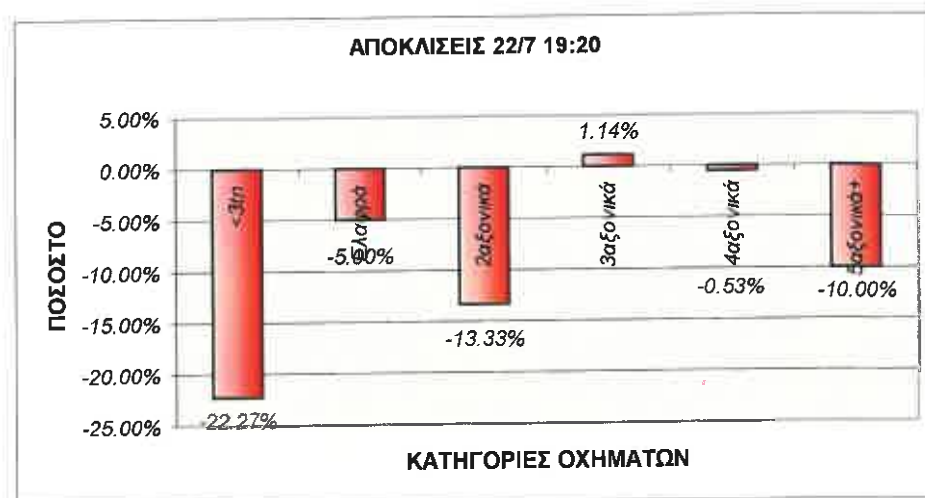
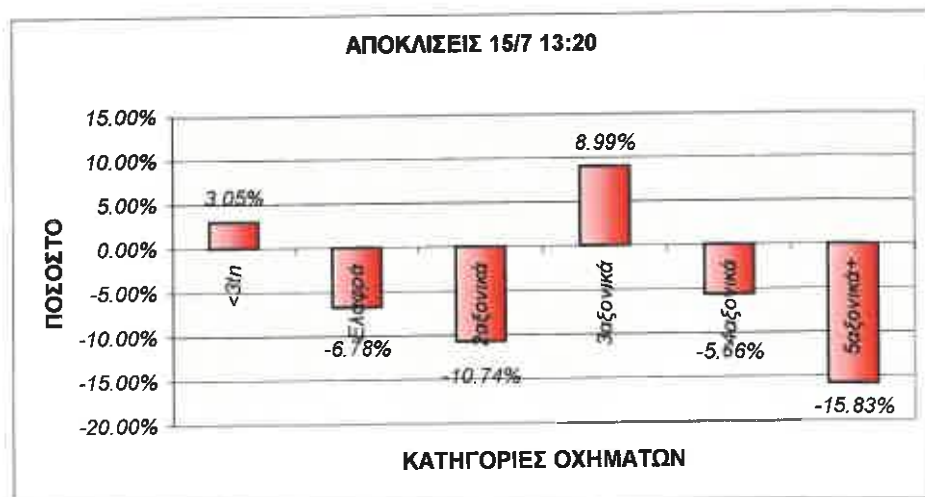
1: 18:01:03.08 96.5kph, 2 Axles, Length= 239cm, A#2 S#10 L#2 G#3
H#3 , 239cm, GVW tonnes= 2.4, 1.3, 1.1

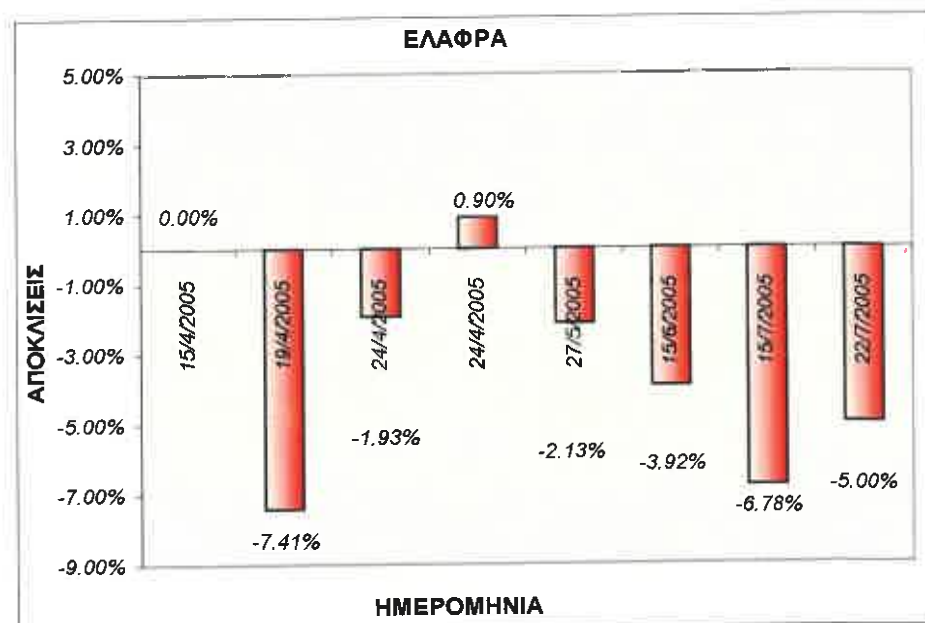
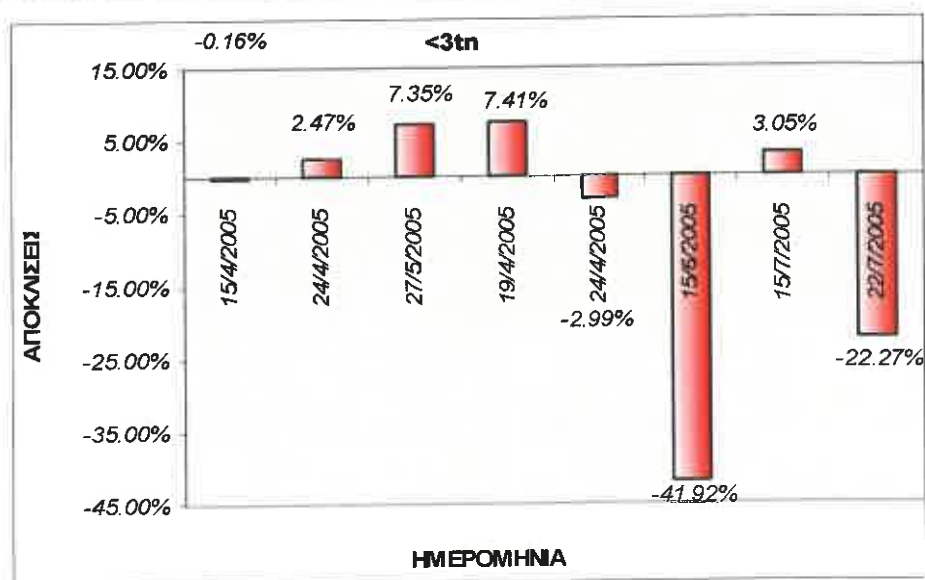
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2^ο: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΠΟΣΟΣΤΩΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

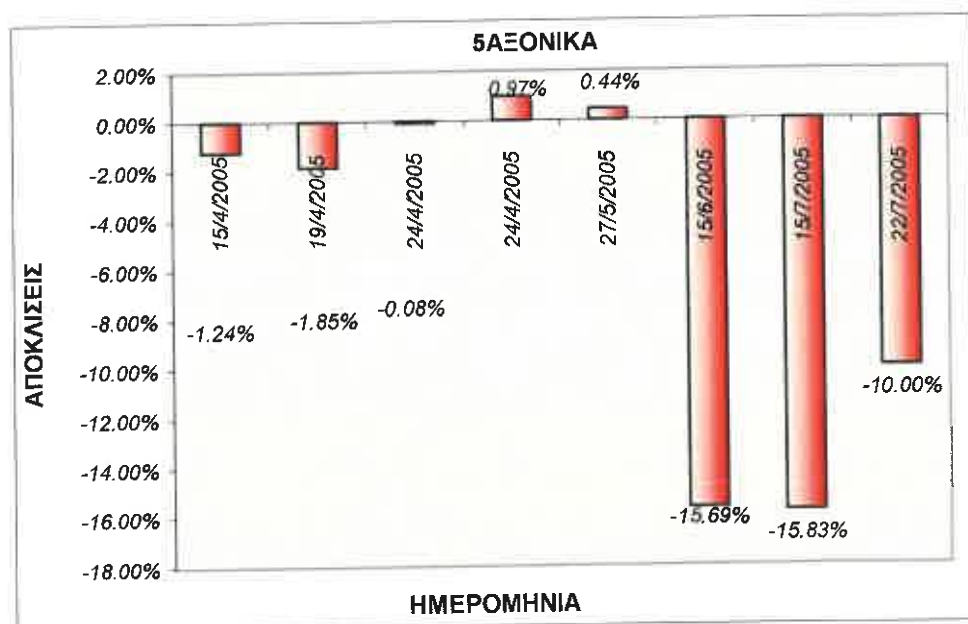
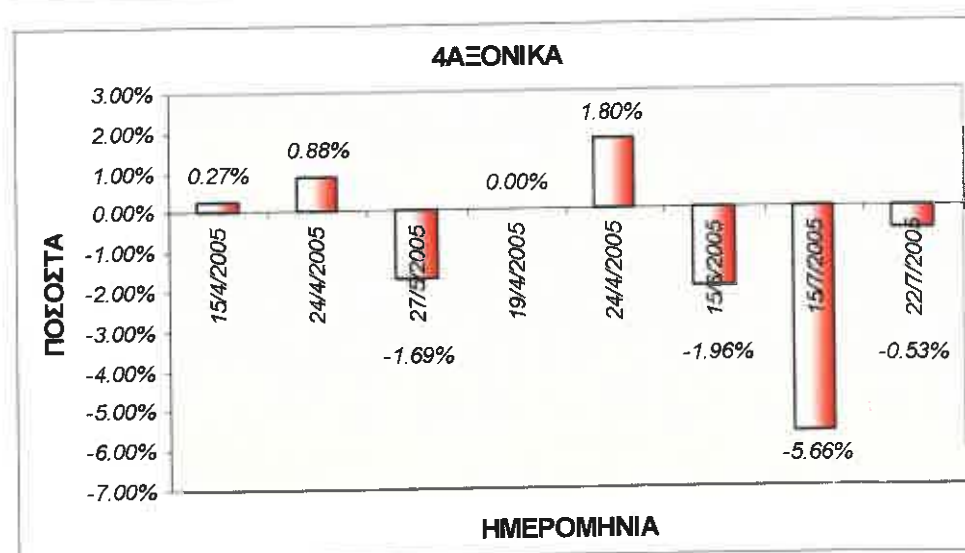
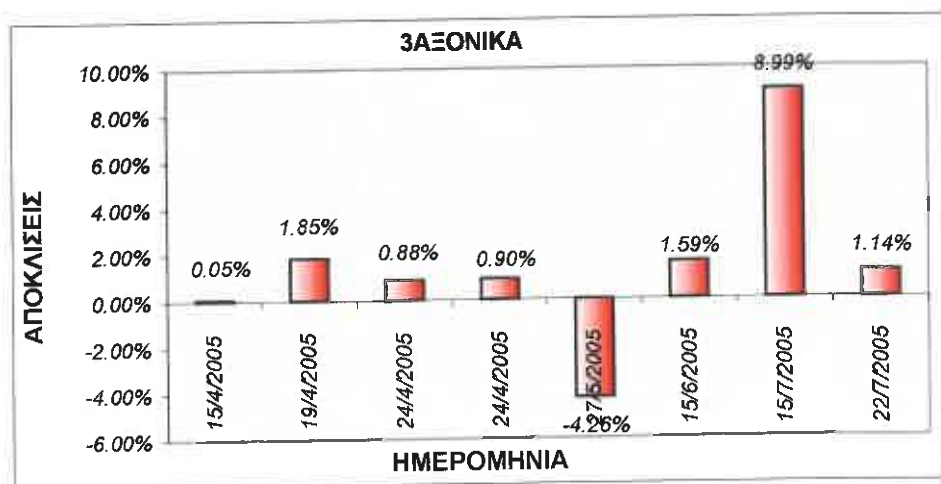


ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3^ο: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΠΟΚΛΙΣΕΩΝ ΑΝΑ ΗΜΕΡΑ



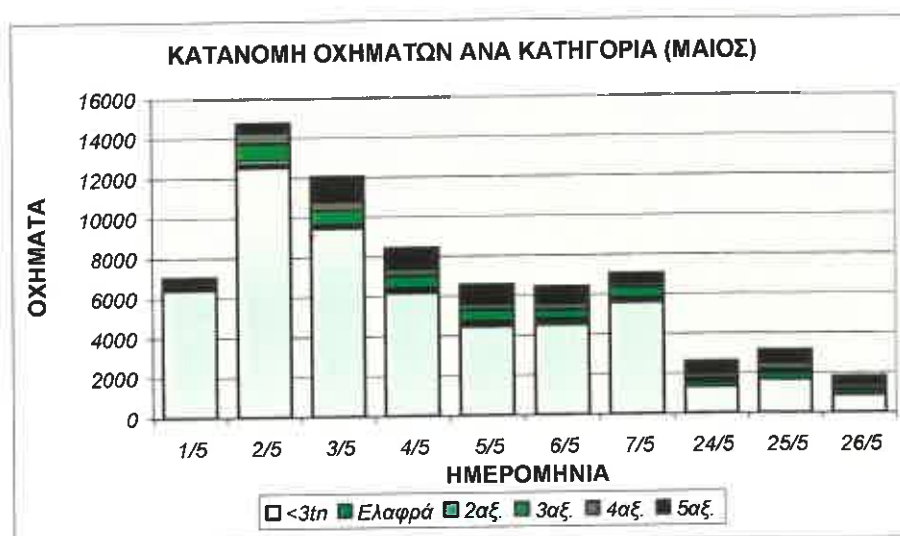


ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4^ο: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΠΟΚΛΙΣΕΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5^ο: ΟΧΗΜΑΤΑ-ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΜΑΪΟΥ

ΟΧΗΜΑΤΑ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ (ΜΑΪΟΣ)							ΣΥΝΟΛΟ ΑΝΑ ΗΜΕΡΑ
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	<4tn	Ελαφρά	2αξ.	3αξ.	4αξ.	5αξ.	
1-Μαϊ	6414	52	55	100	180	240	7041
2-Μαϊ	12537	127	281	795	580	431	14751
3-Μαϊ	9437	88	123	677	474	1236	12035
4-Μαϊ	6171	106	114	645	355	1031	8422
5-Μαϊ	4442	154	154	551	315	942	6558
6-Μαϊ	4510	167	137	449	340	825	6428
7-Μαϊ	5595	161	88	510	225	468	7047
24-Μαϊ	1337	214	52	152	244	598	2597
25-Μαϊ	1658	342	30	130	333	655	3148
26-Μαϊ	842	255	9	79	203	423	1811
27-Μαϊ	819	161	27	108	169	416	1700
ΣΥΝΟΛΟ	53762	1827	1070	4196	3418	7265	71538
ΠΟΣΟΣΤΟ	75.15%	2.55%	1.50%	5.87%	4.78%	10.16%	



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6^ο: ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΑΝΑ ΩΡΑΑΠΡΙΛΙΟΣ

ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΟΧΗΜΑΤΩΝ												
	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
16/4	121	84	76	106	176	176	140	200	242	235	254	273
17/4	161	122	91	65	76	88	128	182	240	289	356	434
18/4	297	161	93	93	168	201	271	338	300	331	338	320
20/4	109	99	55	104	140	181	218	258	259	279	262	259
21/4	138	94	74	91	151	164	211	288	315	288	259	261
22/4	123	88	87	100	169	200	226	249	258	245	284	284
23/4	137	100	95	135	189	178	172	208	273	263	275	292
24/4	163	158	96	70	87	97	140	163	224	274	356	387
25/4	331	185	99	106	171	221	294	328	326	319	292	307
26/4	122	137	87	102	148	180	245	272	268	264	268	266
27/4	129	118	105	110	164	178	221	278	275	265	266	289
28/4	145	88	100	94	169	177	203	204	223	214	244	245
29/4	108	103	81	88	126	139	117	129	172	209	231	236
30/4	110	77	49	58	116	87	93	127	144	157	199	232
	2194	1614	1188	1322	2050	2267	2679	3224	3519	3632	3884	4085

ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΟΧΗΜΑΤΩΝ													ΣΥΝΟΛΟ
	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	
16/4	293	308	350	364	428	447	457	423	380	287	228	191	6239
17/4	525	539	609	768	823	906	823	735	706	557	426	299	9948
18/4	335	343	326	348	387	317	336	306	282	215	204	175	6485
20/4	276	300	305	357	375	382	333	313	228	217	210	146	5665
21/4	268	325	339	348	360	344	344	294	285	232	199	174	5846
22/4	287	336	356	369	392	379	355	332	295	266	229	139	6048
23/4	312	313	343	350	369	402	410	432	376	297	278	214	6413
24/4	420	437	445	510	607	663	685	697	607	566	442	338	8632
25/4	278	324	341	342	325	347	322	312	298	211	184	169	6432
26/4	314	309	318	337	337	317	336	337	261	243	211	186	5865
27/4	274	308	321	316	335	348	345	298	264	239	227	168	5841
28/4	266	299	282	304	293	307	284	268	242	184	144	146	5125
29/4	244	245	258	273	279	285	254	232	217	175	148	121	4470
30/4	246	257	260	248	291	287	255	273	215	162	107	66	4116
	4338	4643	4853	5234	5601	5731	5539	5252	4656	3851	3237	2532	

ΜΑΪΟΣ

	ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΟΧΗΜΑΤΩΝ											
	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
1/5	61	37	49	42	30	40	53	86	121	151	188	187
2/5	338	256	202	122	111	94	136	276	438	607	805	953
3/5	676	564	432	266	203	282	398	490	507	594	716	791
4/5	341	224	152	141	174	191	249	356	403	429	474	521
5/5	188	131	88	102	158	161	230	295	318	312	339	393
6/5	158	107	92	98	145	191	225	241	282	316	304	366
7/5	137	126	79	117	185	147	145	197	251	296	349	397
8/5	257	159	142	113	84	105	123	208	305	373	465	531
10/5	155	89	90	96	147	150	228	269	254	270	296	286
12/5	137	91	76	105	139	142	239	265	270	276	279	262
18/5	136	109	69	91	141	167	219	244	262	257	247	254
24/5	132	138	93	102	117	166	237	282	280	280	253	265
25/5	112	79	78	75	136	173	226	241	275	271	303	297
26/5	109	90	77	70	124	150	211	242	276	260	250	307
	2937	2200	1719	1540	1894	2159	2919	3692	4242	4692	5268	5810

	ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΟΧΗΜΑΤΩΝ												ΣΥΝΟΛΟ
	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	
1/5	188	171	187	276	412	585	704	843	863	779	600	462	7115
2/5	1005	1075	1160	1205	1116	939	981	824	775	691	719	665	15493
3/5	812	867	831	862	702	706	665	658	588	574	495	408	14087
4/5	582	565	547	494	523	546	554	534	430	401	345	238	9414
5/5	428	430	386	420	441	429	426	411	362	300	228	187	7163
6/5	379	399	411	426	440	446	438	400	363	284	234	160	6905
7/5	451	485	497	518	543	531	536	510	409	348	302	253	7809
8/5	555	589	584	601	705	679	588	569	473	470	418	339	9435
10/5	310	323	320	294	296	308	300	277	215	233	180	150	5536
12/5	265	321	335	310	334	322	344	293	261	240	177	173	5656
18/5	278	295	301	319	310	351	327	317	225	252	203	150	5524
24/5	285	293	287	317	293	301	317	291	244	200	187	160	5520
25/5	283	283	334	298	359	353	316	243	213	193	153	137	5431
26/5	285	343	381	308	356	370	317	295	248	207	184	158	5618
	6106	6439	6561	6648	6830	6866	6813	6465	5669	5172	4425	3640	110706

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 7^ο: ΟΧΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ

ΗΜΕΡΑ	<4tn			Ελαφρά			2αξονικά		
	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
15-Απρ	102.1	47.8	170.5	79.9	31.6	119.8	78.4	44.8	106.1
16-Απρ	97.2	25.0	172	81.7	38.7	133.1	84.8	50.9	109.3
19-Απρ	100.9	36.1	159.1	81.9	65.6	97.8	80.1	52	117.8
20-Απρ	97.3	35.5	185.4	81.2	51.5	122.5	82.5	39.3	105.5
21-Απρ	95.1	26.7	192.1	80.5	57.1	111.7	81.5	52.5	113.4
22-Απρ	99.0	24.1	158	83.6	36.7	111.7	88.1	54.6	111
23-Απρ	98.9	31.6	179.1	84.6	40.1	112.2	88	55.6	106.6
24-Απρ	99.0	38.3	197.3	84.1	46.5	111	88.1	56.2	114
25-Απρ	95.9	35	188.7	83.1	33.1	106.6	87.5	55.6	108.2
26-Απρ	97.1	25.3	182.2	83.7	47.5	115.8	88.5	58.6	106
27-Απρ	95.0	21.2	184.5	83.7	49.4	114.5	88.3	57	113.4
28-Απρ	97.8	29.3	183.9	85.2	35.5	121.8	89.1	56.2	109.4
29-Απρ	101.1	24.6	197.3	88.3	58.8	113.3	90	57.2	105
30-Απρ	103.3	29.3	218.6	89.3	57.3	139.3	91.2	67	107.1
1-Μαϊ	99.1	28.8	182.2	89.2	59.7	102.1	91.7	63.1	106.7
2-Μαϊ	100.3	21	192.1	88.4	52.1	126.2	91.1	63.8	104.5
3-Μαϊ	99.7	21.5	199.4	87.6	54.2	129	87.1	59.9	103.5
4-Μαϊ	99.5	21.5	188.7	84.5	49.5	133.3	88.9	64.8	106.7
5-Μαϊ	100.3	33.5	188.7	83.8	47.3	119.7	86.6	50	104.5
6-Μαϊ	95.5	20	197.3	83.2	48.1	165.4	88.5	60.4	104.5
7-Μαϊ	99.9	20	176.2	86	46.9	119.1	91.6	68.1	106.7
24-Μαϊ	99.6	22.4	193.7	89.5	57.3	127	89.8	59.4	108.2
25-Μαϊ	100.3	26	169.3	88.9	63.5	114.5	92	66.2	111
26-Μαϊ	98.8	40.4	164	89.8	60	111	91.2	77	104.9
27-Μαϊ	103.0	31.8	161.3	89.2	61.2	119.1	95.6	80.8	111

ΗΜΕΡΑ	3αξονικά			4αξονικά			5αξονικά		
	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
15-Απρ	84.8	56.8	122.5	883.6	70.1	115.9	80.6	58.7	99.2
16-Απρ	81.4	19	114	82.8	47	136.5	79.9	52.5	113.3
19-Απρ	81.9	52.9	119	83.6	57.4	120.4	80.5	54.3	119.1
20-Απρ	82.9	29.1	117.1	81.2	38.4	105.5	79.5	31.2	109.5
21-Απρ	81.7	32.6	112.8	81.2	43	108.2	78.5	25.9	121.8
22-Απρ	84.7	54.5	117.8	81.8	32.8	115.9	79.8	36.6	134.2
23-Απρ	85.2	37.1	123.9	82.6	54.4	108.2	81.3	43.1	120.5
24-Απρ	88.3	29.3	135	84	34.1	152.2	81.3	29.7	166.6
25-Απρ	83.7	53.7	134	81.7	33.1	129.3	79.8	32.1	111.6
26-Απρ	84.5	34.3	115.2	81.6	34	121.1	79.5	36.7	110.5
27-Απρ	83.1	48.1	118.4	81.4	35.3	104.5	79.9	47.3	106.6
28-Απρ	83.1	29.1	111.7	82.5	34	123.3	80.6	32.9	104.5
29-Απρ	85.1	65.5	119.7	85.4	32.2	124.6	82.2	48.7	107.7
30-Απρ	89.3	33.8	119.1	85.5	50.8	121.1	83.2	43.9	106.6
1-Μαϊ	98	29.9	144.1	89.1	57.3	148	82.9	33	119.1
2-Μαϊ	99.3	20	167.8	93.2	22.6	185.4	89.8	35.6	160.2
3-Μαϊ	95.7	27	169.3	87.7	48.4	150.7	83.3	22.9	153.2
4-Μαϊ	93.1	20.1	177.8	84.9	20.6	179.1	81.6	34.6	171.7
5-Μαϊ	91.8	52.2	165.2	82.9	21.5	142.2	81.8	28	150.7
6-Μαϊ	89.6	39.9	150.3	82.4	36	131.6	80.9	50.2	150.7
7-Μαϊ	94.8	41.1	192.1	86.4	30.1	146.9	82.6	46.2	120.4
24-Μαϊ	85.8	35.2	155.7	83.7	61.9	108.7	81.7	41.5	117.8
25-Μαϊ	86.2	52.9	125.4	84.7	59	135	82.1	52	111.7
26-Μαϊ	85.8	53.7	110.5	85.1	37.3	173.3	81.9	40.1	114
27-Μαϊ	91.6	60.5	159.1	88.3	63.1	115.2	85.1	55.6	148

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 8^ο: ΒΑΡΟΣ ΒΑΡΕΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ

	ΕΛΑΦΡΑ		2ΑΞ		3ΑΞ					
	3 tn-9tn	9tn-14tn	14tn-19tn	19tn+	0-5tn	5tn-10tn	10tn-15tn	15tn-20tn	20tn-26tn	26tn+
15-Απρ	5	14	19	161	13	0	0	1	1	26
16-Απρ	29	50	81	372	39	3	2	4	10	62
19-Απρ	6	20	34	133	12	0	2	1	7	29
20-Απρ	43	84	150	320	49	5	10	15	36	95
21-Απρ	58	110	179	334	50	3	13	18	39	101
22-Απρ	55	98	170	240	42	1	11	25	42	85
23-Απρ	57	87	152	220	87	6	11	16	21	47
24-Απρ	46	84	173	205	121	2	6	15	22	52
25-Απρ	69	137	168	168	64	4	16	23	45	83
26-Απρ	84	130	212	127	42	5	25	26	48	65
27-Απρ	102	153	236	122	37	8	20	33	60	77
28-Απρ	94	153	243	124	45	10	8	28	59	38
29-Απρ	58	132	153	54	28	6	4	15	9	12
30-Απρ	43	107	140	29	30	3	1	3	8	7
1-Μαΐ	18	34	42	13	93	1	4	2	0	0
2-Μαΐ	50	77	192	89	722	10	26	16	11	10
3-Μαΐ	40	48	69	54	594	19	15	12	19	18
4-Μαΐ	49	57	61	53	564	14	11	15	22	19
5-Μαΐ	63	91	99	55	452	12	7	19	36	25
6-Μαΐ	74	93	109	28	366	12	20	19	24	8
7-Μαΐ	73	88	78	10	453	15	13	15	12	2
24-Μαΐ	85	129	46	6	44	18	37	31	17	5
25-Μαΐ	166	176	27	3	29	17	42	32	7	3
26-Μαΐ	136	119	9	0	7	10	34	19	8	1
27-Μαΐ	71	90	23	4	65	12	19	6	4	2

	4ΑΞ								5ΑΞ								
	0-5tn	5tn-10tn	10tn-15tn	15tn-20tn	20tn-25tn	25tn-30tn	30tn-34tn	34tn+	0-5tn	5tn-10tn	10tn-15tn	15tn-20tn	20tn-25tn	25tn-30tn	30tn-35tn	35tn-40tn	40tn+
15-Απρ	7	1	1	0	11	12	7	43	23	19	4	2	2	6	8	10	57
16-Απρ	47	2	1	15	30	28	27	138	88	70	28	10	8	19	31	42	211
19-Απρ	14	1	3	8	19	23	20	38	24	12	4	3	6	13	12	11	142
20-Απρ	40	10	16	37	78	146	65	163	48	15	21	25	40	64	82	63	503
21-Απρ	51	7	24	77	112	124	60	117	39	12	8	21	62	95	96	81	536
22-Απρ	33	3	32	60	105	125	59	76	21	8	14	31	65	90	73	85	441
23-Απρ	27	9	15	53	79	68	39	54	20	6	5	29	32	38	42	44	326
24-Απρ	78	7	5	20	11	30	3	24	38	13	4	13	26	22	36	43	323
25-Απρ	52	11	33	88	124	108	40	94	15	11	25	57	97	156	137	161	807
26-Απρ	60	15	32	103	137	97	51	64	9	4	25	49	91	103	122	87	521
27-Απρ	36	17	43	108	135	93	25	58	8	5	23	52	88	90	99	96	492
28-Απρ	23	16	36	87	109	70	24	31	7	2	18	46	80	78	59	69	317
29-Απρ	17	6	18	35	53	28	8	9	4	2	11	16	30	38	44	37	131
30-Απρ	20	8	14	29	6	9	0	7	2	3	4	16	26	25	37	38	126
1-Μαϊ	148	12	3	1	4	4	4	4	40	6	4	6	10	18	16	35	103
2-Μαϊ	507	41	11	9	6	3	1	2	209	61	10	21	13	15	18	15	63
3-Μαϊ	180	43	33	37	44	42	26	69	166	73	58	65	73	85	102	105	503
4-Μαϊ	60	25	20	43	52	59	27	69	60	48	37	45	86	74	101	88	483
5-Μαϊ	42	14	26	54	64	53	12	50	29	27	33	74	64	85	101	123	403
6-Μαϊ	44	25	37	72	67	44	12	39	34	23	33	69	87	95	91	99	286
7-Μαϊ	67	24	43	44	27	10	5	5	25	17	24	32	67	57	67	50	126
24-Μαϊ	23	17	42	73	44	27	7	11	12	26	51	65	91	84	85	59	121
25-Μαϊ	24	37	122	90	47	9	1	3	7	15	60	117	128	127	102	52	47
26-Μαϊ	12	32	79	51	19	8	1	1	4	16	43	64	78	94	61	36	26
27-Μαϊ	31	24	41	47	16	9	0	1	17	32	33	65	63	48	51	39	44

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 9^ο: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΒΑΡΟΥΣ ΑΕΟΝΩΝ ΑΝΑ 1tn ΚΑΙ 5tnΑΠΡΙΛΙΟΣ

			16-Απρ	20-Απρ	21-Απρ	22-Απρ	23-Απρ	24-Απρ	25-Απρ	26-Απρ	27-Απρ	28-Απρ	29-Απρ	30-Απρ
ΑΕΟΝΕΣ	0-5	0-1	7728	5734	5733	6493	7969	11996	6191	6154	5976	5527	5862	5602
		1-2	2243	1605	1622	1762	2204	3251	1722	1495	1554	1419	1391	1296
		2-3	72	253	316	324	224	121	459	459	490	391	190	147
		3-4	140	407	496	570	344	186	735	699	769	610	296	228
		4-5	195	611	708	746	466	281	1055	967	897	748	368	234
	5-10	5-6	312	744	859	794	518	326	1108	939	946	732	368	275
		6-7	335	705	860	790	501	416	1174	910	868	713	383	327
		7-8	372	772	898	788	513	406	1221	948	906	695	350	292
		8-9	413	832	826	818	544	456	1213	859	835	621	296	238
		9-10	454	849	820	653	489	442	1094	793	776	499	245	222
	10-15	10-11	445	701	684	604	431	391	879	606	575	463	181	134
		11-12	415	553	600	458	341	319	606	434	438	332	115	105
		12-13	352	405	414	336	184	206	387	314	257	173	83	67
		13-14	291	274	282	211	139	143	248	197	181	106	53	47
		14-15	209	231	207	180	135	116	181	117	127	78	26	24
	15-20	15-16	146	178	163	100	102	81	133	76	76	47	16	10
		16-17	120	156	146	78	77	46	96	50	56	31	6	6
		17-18	113	79	101	60	31	40	52	27	20	13	2	7
		18-19	96	67	54	31	24	22	27	12	4	6	1	0
		19-20	88	35	18	13	24	9	16	7	2	2	0	1

ΜΑΙΟΣ

			1-Μαϊ	2-Μαϊ	3-Μαϊ	4-Μαϊ	5-Μαϊ	6-Μαϊ	7-Μαϊ	24-Μαϊ	25-Μαϊ	26-Μαϊ	27-Μαϊ
ΑΕΟΝΕΣ	0-5	0-1	11540	25608	20306	13557	9805	9456	11289	2762	3013	1513	2014
		1-2	2525	5490	3194	2134	1785	1847	2311	834	1062	675	746
		2-3	70	168	365	360	376	452	333	535	883	593	569
		3-4	79	159	442	417	465	563	377	653	958	686	535
		4-5	118	187	484	533	643	658	385	705	969	601	428
	5-10	5-6	106	204	584	570	710	683	428	619	836	530	369
		6-7	163	229	610	606	702	673	374	538	577	344	281
		7-8	156	199	593	624	645	584	311	383	368	206	168
		8-9	147	178	593	632	565	488	251	295	201	135	120
		9-10	138	152	525	495	479	378	206	216	111	69	86
	10-15	10-11	114	110	479	395	442	335	152	158	79	45	55
		11-12	71	100	387	321	311	219	107	90	32	21	44
		12-13	37	66	267	264	211	155	68	46	17	5	14
		13-14	32	40	191	210	144	107	42	21	6	2	4
		14-15	14	25	214	171	120	62	19	13	8	3	6
	15-20	15-16	12	20	178	157	79	49	10	7	3	2	2
		16-17	4	6	142	111	60	31	10	2	0	1	2
		17-18	3	3	119	87	54	40	10	2	1	1	1
		18-19	2	4	85	66	32	16	8	0	1	0	3
		19-20	2	1	84	63	31	15	4	1	0	0	1

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 9^ο: ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟ ΜΕΣΟ ΒΑΡΟΣ ΑΞΟΝΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ

ΗΜΕΡΑ	< 4tn			ΕΛΑΦΡΑ ΦΟΡΤΗΓΑ		
	ΒΑΡΟΣ	ΑΞΟΝΕΣ	Μ.Β. * ΑΞΟΝΕΣ	ΒΑΡΟΣ	ΑΞΟΝΕΣ	Μ.Β. * ΑΞΟΝΕΣ
15-Απρ	0.7	2144	1500.8	4.9	38	186.2
16-Απρ	0.7	9580	6706	4.7	158	742.6
19-Απρ	0.7	1748	1223.6	5.1	52	265.2
20-Απρ	0.7	6822	4775.4	4.9	254	1244.6
21-Απρ	0.7	6892	4824.4	4.9	306	1499.4
22-Απρ	0.7	7706	5394.2	5	336	1680
23-Απρ	0.7	9586	6710.2	4.8	288	1382.4
24-Απρ	0.7	14256	9979.2	5	260	1300
25-Απρ	0.7	7202	5041.4	4.9	412	2018.8
26-Απρ	0.7	6992	4894.4	4.8	428	2054.4
27-Απρ	0.6	6962	4177.2	4.8	510	2448
28-Απρ	0.6	6434	3860.4	4.9	494	2420.6
29-Απρ	0.6	6946	4167.6	5	380	1900
30-Απρ	0.6	6598	3958.8	5.1	300	1530
1-Μαϊ	0.6	12828	7696.8	4.8	104	499.2
2-Μαϊ	0.6	25074	15044.4	4.8	254	1219.2
3-Μαϊ	0.6	18874	11324.4	4.5	176	792
4-Μαϊ	0.6	12342	7405.2	4.7	212	996.4
5-Μαϊ	0.6	8884	5330.4	4.6	308	1416.8
6-Μαϊ	0.6	9020	5412	4.6	334	1536.4
7-Μαϊ	0.6	11190	6714	4.4	322	1416.8
24-Μαϊ	0.6	2674	1604.4	4.7	428	2011.6
25-Μαϊ	0.7	3316	2321.2	4.6	684	3146.4
26-Μαϊ	0.7	1684	1178.8	4.2	510	2142
27-Μαϊ	0.7	1638	1146.6	4.5	322	1449
ΣΥΝΟΛΟ		207392	132391.8		7870	37298
Μ.ΒΑΡΟΣ			0.6			4.7

ΗΜΕΡΑ	2ΑΞ			3ΑΞ		
	Μ. ΒΑΡΟΣ	ΑΞΟΝΕΣ	Μ.Β. * ΑΞΟΝΕΣ	Μ. ΒΑΡΟΣ	ΑΞΟΝΕΣ	Μ.Β. * ΑΞΟΝΕΣ
15-Απρ	12.5	360	4500	11.2	90	1008
16-Απρ	12	906	10872	11.1	234	2597.4
19-Απρ	11.1	334	3707.4	10.1	117	1181.7
20-Απρ	10.5	940	9870	9.4	468	4399.2
21-Απρ	10.4	1008	10483.2	8.9	537	4779.3
22-Απρ	10	838	8380	8.8	465	4092
23-Απρ	9.9	744	7365.6	8.7	285	2479.5
24-Απρ	9.7	756	7333.2	8.7	285	2479.5
25-Απρ	9.6	672	6451.2	8.5	501	4258.5
26-Απρ	9.1	678	6169.8	8	4928	39424
27-Απρ	9	716	6444	8	570	4560

28-Απρ	9	734	6606	7.8	299	2332.2
29-Απρ	8.7	414	3601.8	7.8	120	936
30-Απρ	8.5	338	2873	7.7	57	438.9
1-Μαΐ	8.7	110	957	4.8	18	86.4
2-Μαΐ	8.9	562	5001.8	6.1	189	1152.9
3-Μαΐ	9.6	246	2361.6	7.5	192	1440
4-Μαΐ	9.6	228	2188.8	7.6	201	1527.6
5-Μαΐ	8.9	308	2741.2	7.5	261	1957.5
6-Μαΐ	8.6	274	2356.4	6.5	213	1384.5
7-Μαΐ	8.4	176	1478.4	5.9	126	743.4
24-Μαΐ	8.3	104	863.2	5.6	270	1512
25-Μαΐ	7.9	60	474	5.8	252	1461.6
26-Μαΐ	7.4	18	133.2	5.1	186	948.6
27-Μαΐ	8.1	54	437.4	5.3	93	492.9
ΣΥΝΟΛΟ		11578	113650.2		10957	87673.6
Μ.ΒΑΡΟΣ			9.8			8.0

ΗΜΕΡΑ	4ΑΞ			5ΑΞ +		
	Μ. ΒΑΡΟΣ	ΑΞΟΝΕΣ	Μ.Β. * ΑΞΟΝΕΣ	Μ. ΒΑΡΟΣ	ΑΞΟΝΕΣ	Μ.Β. * ΑΞΟΝΕΣ
15-Απρ	8.7	296	2575.2	9.7	449	4355.3
16-Απρ	8.8	956	8412.8	9.9	1759	17414.1
19-Απρ	7.6	444	3374.4	9.1	1038	9445.8
20-Απρ	7.6	2020	15352	8.8	4025	35420
21-Απρ	7	1992	13944	8.7	4510	39237
22-Απρ	6.6	1892	12487.2	8.3	4024	33399.2
23-Απρ	6.6	1184	7814.4	8.6	2603	22385.8
24-Απρ	6.9	372	2566.8	8.9	2348	20897.2
25-Απρ	6.5	1948	12662	8.2	7252	59466.4
26-Απρ	8.4	2904	24393.6	11.2	7017	78590.4
27-Απρ	6	1848	11088	7.8	4737	36948.6
28-Απρ	5.8	1428	8282.4	7.6	3352	25475.2
29-Απρ	5.6	604	3382.4	7.4	1544	11425.6
30-Απρ	5.4	368	1987.2	7.6	1362	10351.2
1-Μαΐ	6.6	80	528	7.8	998	7784.4
2-Μαΐ	4.8	128	614.4	6.8	855	5814
3-Μαΐ	7	1004	7028	8.5	5569	47336.5
4-Μαΐ	7	1080	7560	8.1	5190	42039
5-Μαΐ	6.3	1036	6526.8	7	4959	34713
6-Μαΐ	5.8	1084	6287.2	6.7	4127	27650.9
7-Μαΐ	4.7	532	2500.4	6.1	2305	14060.5
24-Μαΐ	5.1	816	4161.6	5.6	2952	16531.2
25-Μαΐ	4.1	1088	4460.8	5.1	3221	16427.1
26-Μαΐ	4	636	2544	5.1	2032	10363.2
27-Μαΐ	4.2	456	1915.2	4.6	2101	9664.6
ΣΥΝΟΛΟ		26196	172448.8		80329	637196.2
Μ.ΒΑΡΟΣ			6.6			7.9

