



Τ.Ε.Ι. Κρήτης

Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών

Τμήμα Μηχανολογίας

Τίτλος πτυχιακής εργασίας

Καταγραφή των χαρακτηριστικών κίνησης για τη δημιουργία κύκλου οδήγησης στην πόλη του Ηρακλείου



Εμμανουήλ Παπαδάκης Α.Μ.:4909

Εισηγητής

Ευάγγελος Τζιράκης

Ηράκλειο, Μάρτιος 2014



## **Ευχαριστίες**

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος σπουδών της Σ.Τ.ΕΦ του Τμήματος Μηχανολογίας, υπό την επίβλεψη του Καθηγητή κ. Ευάγγελου Τζιράκη. Με το τέλος αυτής της προσπάθειας έχω την ανάγκη να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους ανθρώπους που με βοήθησαν κατά την διάρκεια αυτής της περιόδου.

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα Καθηγητή κ. Ευάγγελο Τζιράκη για την επιστημονική του καθοδήγηση και το χρόνο που μου αφιέρωσε καθ' όλη τη διάρκεια της φοίτησης μου και ιδιαίτερα κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας..

Τέλος, ιδιαίτερη ευγνωμοσύνη οφείλω στους ανθρώπους που ήταν δίπλα μου και κυρίως στους γονείς μου, Δημήτριος και Γεωργία Παπαδάκη για τη πολύτιμη συμπαράστασή τους όλα αυτά τα χρόνια για την εκπλήρωση των στόχων μου.

Εμμανουήλ Παπαδάκης



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως στόχο τη μελέτη των αποτελεσμάτων της πειραματικής διαδικασίας κίνησης της μοτοσυκλέτας για την καταγραφή των δεδομένων κίνησής της, με σκοπό τη δημιουργία ενός προφίλ κίνησης (Κύκλος Οδήγησης) που θα αντιπροσωπεύει τις συγκεκριμένες διαδρομές που καταγράφηκαν. Το προφίλ αυτό δύναται να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση της κατανάλωσης καυσίμου και των εκπομπών ρύπων σε δυναμομετρική εξέδρα.

Το θεωρητικό μέρος της παρούσας μελέτης ξεκινά με μία αναφορά στην ατμοσφαιρική ρύπανση στις πόλεις και τις αιτίες που την προκαλούν. Επίσης αναλύονται στοιχεία για τη ρύπανση του περιβάλλοντος μέσω της κίνησης των οχημάτων και πιο συγκεκριμένα των δικύκλων εντός της πόλης. Γίνεται αναφορά στους ρύπους που εκπέμπονται από τις μηχανές εσωτερικής καύσης και πιο συγκεκριμένα από τα οχήματα που κυκλοφορούν στις σύγχρονες πόλεις. Στη συνέχεια πραγματοποιείται ανασκόπηση των περιορισμών για την εκπομπή ρύπων σύμφωνα με τις ισχύουσες προδιαγραφές σύμφωνα με τη νομοθεσία, ενώ αναλύεται και η κατανάλωση καυσίμου που έχει το δίκυκλο ανάλογα τον τρόπο λειτουργίας του. Τέλος αναλύονται οι κύκλοι οδήγησης και γίνεται εκτενή περιγραφή τους συμπεριλαμβάνοντας τα είδη, τη χρησιμότητα, τον τρόπο εκκίνησής τους και τα χαρακτηριστικά τους, δίνοντας παραδείγματα τόσο για θεσμοθετημένους κύκλους όσο και για μη θεσμοθετημένους, καλύπτοντας όλο το φάσμα των κύκλων οδήγησης. Επιπλέον παρουσιάζεται και η μεθοδολογία των κύκλων οδήγησης.

Στο τελευταίο μέρος παραθέτονται οι πειραματικές μετρήσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν σε προκαθορισμένη διαδρομή, η οποία αρχή είχε τη διασταύρωση Λ. Κνωσού και Ευαγγέλου Χατζάκη και τέλος το αρχαιολογικό μουσείο Ηρακλείου στην περιοχή της Πλατείας Ελευθερίας. . Οι μετρήσεις έγιναν σε ώρες αιχμής τόσο τις πρωινές όσο και τις μεσημεριανές ώρες. Το όχημα που χρησιμοποιήθηκε για αυτήν την μελέτη ήταν μοτοσυκλέτα μάρκας Piaggio, μοντέλο

tyrhoon, κυβισμού 125cc, δίχρονου μονοκύλινδρου κινητήρα. Μέσω του GPS της εταιρίας GARMIN που χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση της μελέτης προέκυψαν τα στοιχεία της κίνησης της μοτοσικλέτας, στα οποία έπειτα έγινε επεξεργασία, με αποτελέσματα το προφίλ της κίνησης της μοτοσικλέτας για τη διαδρομή που καταγράφηκε.

## ABSTRACT

The aim of this thesis is to create a traffic profile (Driving Cycle) by recording data of movements using a motorcycle. This profile can also be used to measure the fuel consumption and emissions on a chassis dynamometer.

The theoretical part of this study begins with a reference to atmospheric pollution in cities and the reasons that cause it. We also analyze data on environmental pollution through vehicle movements and specifically of motorcycle. The reported pollutants include pollutants emitted from internal combustion engines and more particularly from vehicles traveling in cities. Afterwards, there is a sort review about missions according the law and analyzed the fuel consumption. Finally an extensive description is quote about driving cycles including types, utility, characteristics, methodology and giving examples of both institutionalized cycles and non-institutionalized, covering the full range of driving cycles .

The last part lists the experimental measurements carried out in a predetermined path , which start was crossing L. Knossos and Evangelou Hatzaki and end the archaeological museum of Heraklion in the Freedom Square . Measurements were taken at peak even morning or midday. For this purpose a Piaggio motorcycle was used model typhoon, displacement 125cc, single-cylinder two-stroke engine. Through GPS GARMIN movement data was collected and then processed for traffic profile accordance recorded route





## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1	Ατμοσφαιρική Ρύπανση.....	1
1.2	Πηγές Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης.....	3
1.3	Εκπεμπόμενοι Ρύποι Οχημάτων.....	7
1.3	Επιπτώσεις Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης.....	12
1.4	Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μεταφορών.....	12

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΡΥΠΩΝ

2.1	Όρια εκπομπής ρύπων μετά το 1991.....	21
2.2	Νομοθεσία για τις εκπομπές ρύπων.....	26
2.3	Διαφοροποίηση των ορίων εκπομπής ρύπων στην ΕΕ.....	25
2.4	Ισχύουσα νομοθεσία.....	27
2.5	Περιορισμοί εκπομπών ρύπων για μοτοσικλέτες.....	28

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΚΥΚΛΟΙ ΟΔΗΓΗΣΗΣ

3.1	Κύκλοι οδήγησης.....	29
3.2	Κατηγορίες κύκλων οδήγησης.....	29
3.3	Μέθοδοι δειγματοληψίας δεδομένων κίνησης.....	30
3.4	Χαρακτηριστικά Κύκλου Οδήγησης.....	32
3.5	Χαρακτηριστικά μεγέθη για την επεξεργασία.....	34

3.6	Μεθοδολογία για μέτρηση εκπομπών και κατανάλωσης μέσω κύκλων οδήγησης.....	36
3.7	Κύκλοι οδήγησης για δίκυκλα.....	38
3.8	Κύκλοι οδήγησης μοτοσικλέτας ανά τον κόσμο.....	39
3.9	Παραδείγματα Κύκλων Οδήγησης.....	43
3.9.1	Θεσμοθετημένοι.....	43
3.9.2	Κύκλοι Οδήγησης από πραγματικά δεδομένα (Real World) .....	46

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΚΥΚΛΟΙ ΟΔΗΓΗΣΗΣ

4.1	Γενικά.....	51
4.2	Εξοπλισμός.....	51
4.3	Συλλογή Δεδομένων.....	54
4.4	Επεξεργασία Δεδομένων.....	56
4.5	Αποτελέσματα πειραματικής διαδικασίας .....	56
4.6	Κύκλος οδήγησης.....	64
4.7	Σύγκριση Κ.Ο. αυτοκινήτου με Κ.Ο. δίκυκλου.....	68
4.8	Συμπεράσματα.....	75

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	77
-------------------	----

## Περιεχόμενα πινάκων

<b>Πίνακας 1.1:</b> Βασικοί ρύποι και προέλευση αυτών.....	7
<b>Πίνακας 2.1:</b> Ευρωπαϊκές προδιαγραφές εκπομπών ρύπων για επιβατικά αυτοκίνητα.....	21
<b>Πίνακας 2.2.:</b> Ευρωπαϊκές προδιαγραφές εκπομπών ρύπων για ελαφρά επιβατικά αυτοκίνητα .....	23
<b>Πίνακας 2.3.:</b> Προδιαγραφές οδικών καυσίμων, τα έτη 1996-2005, στην Ευρωπαϊκή Ένωση .....	23
<b>Πίνακας 3.1:</b> Οι τιμές των κριτηρίων .....	41
<b>Πίνακας 3.2 :</b> Ποσοστό ταχυτήτων και επιταχύνσεων .....	42
<b>Πίνακας 4.1:</b> Χαρακτηριστικά δικύκλου.....	52
<b>Πίνακας 4.2:</b> Ενδεικτική μορφή αποτύπωσης πληροφοριών .....	58
<b>Πίνακας 4.2α:</b> Ενδεικτική αποτύπωση τιμών και υπολογισμών.....	59
<b>Πίνακας 4.2β:</b> Συγκεντρωτικός πίνακας των % ποσοστών και μέσων τιμών των κυριότερων παραμέτρων. ....	60
<b>Πίνακας 4.3:</b> Συγκεντρωτικός πίνακας μετρήσεων.....	60
<b>Πίνακας 4.4:</b> Συγκεντρωτικός πίνακας Κύκλου Οδήγησης.....	65



## Περιεχόμενα διαγραμμάτων

<b>Διάγραμμα 2.1:</b> Μείωση ανωτάτης επιτρεπόμενης περιεκτικότητας θείου στα καύσιμα βενζίνης και πετρελαίου επί %.	24
<b>Διάγραμμα 2.2.:</b> Μέσος όρος εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα (CO <sub>2</sub> ) των επιβατικών αυτοκινήτων, στην Ευρωπαϊκή Ένωση	26
<b>Διάγραμμα 3.1:</b> Modal κύκλος οδήγησης (ECE-15)	30
<b>Διάγραμμα 3.2:</b> Real world κύκλος οδήγησης	31
<b>Διάγραμμα 3.3:</b> Διάγραμμα Κύκλων Οδήγησης	37
<b>Διάγραμμα 3.4:</b> Διάγραμμα ροής δημιουργίας Κ.Ο.	38
<b>Διάγραμμα 3.5:</b> Μεταβολή της μέσης συγκέντρωσης βενζολίου καθημερινά και το σαββατοκύριακο, από τον Ιανουάριο έως τον Δεκέμβριο 2000 στο Din Daeng δρόμο	39
<b>Διάγραμμα 3.6:</b> Κύκλος οδήγησης Ταιpei	42
<b>Διάγραμμα 3.7:</b> ECE ( the ECE driving cycle includes two sub-cycles)	43
<b>Διάγραμμα 3.8 :</b> 10-15 Κύκλος Οδήγησης	44
<b>Διάγραμμα 3.9:</b> FTP-75 Κύκλος Οδήγησης	45
<b>Διάγραμμα 3.10 :</b> New York Κύκλος Οδήγησης	46
<b>Διάγραμμα 3.11:</b> Artemis Αστικός Κύκλος Οδήγησης	47
<b>Διάγραμμα 3.12:</b> Artemis Αγροτικός Κύκλος Οδήγησης	47
<b>Διάγραμμα 3.13:</b> Artemis Αυτοκινητόδρομος Κύκλος Οδήγησης	48
<b>Διάγραμμα 3.14:</b> Braunschweig Κύκλος Οδήγησης	48
<b>Διάγραμμα 3.15:</b> Virginia University Κύκλος Οδήγησης	49

<b>Διάγραμμα 4.1:</b> Γραφική αποτύπωση του ποσοστού στάσης ανά ημέρα.....	61
<b>Διάγραμμα 4.2:</b> Γραφική αποτύπωση της μέσης ταχύτητας για όλες τις μέρες και ώρες των μετρήσεων .....	61
<b>Διάγραμμα 4.3 :</b> Γραφική αποτύπωση της μέσης ταχύτητας χωρίς στάσεις .....	62
<b>Διάγραμμα 4.4:</b> Γραφική αποτύπωση της επιτάχυνσης ανά ημέρα.....	63
<b>Διάγραμμα 4.5:</b> Γραφική αποτύπωση της επιτάχυνσης ανά ημέρα.....	63
<b>Διάγραμμα 4.6 :</b> Γραφική αποτύπωση ολικών ποσοστών στάσης – κίνησης.....	64
<b>Διάγραμμα 4.7:</b> Γραφική αποτύπωση χρόνου ολοκλήρωσης διαδρομή.....	66
<b>Διάγραμμα 4.8 :</b> Γραφική αποτύπωση των ποσοστών της αργής, της αντιπροσωπευτικής και της γρήγορης διαδρομής συβαρτήσει του χρόνου.....	67
<b>Διάγραμμα 4.9:</b> Γραφική αποτύπωση της επιτάχυνσης ανά ημέρα για δίκυκλο και αυτοκίνητο.....	68
<b>Διάγραμμα 4.10:</b> Γραφική αποτύπωση του ποσοστού στάσης ανά ημέρα για δίκυκλο και αυτοκίνητο .....	69
<b>Διάγραμμα 4.11:</b> Γραφική αποτύπωση της μέσης ταχύτητας της διαδρομής ανά ημέρα για δίκυκλο και αυτοκίνητο.....	70
<b>Διάγραμμα 4.12:</b> Γραφική αποτύπωση της επιτάχυνσης ανά ημέρα για δίκυκλο και αυτοκίνητο .....	70
<b>Διάγραμμα 4.13:</b> Γραφική αποτύπωση της επιβράδυνσης ανά ημέρα για δίκυκλο και αυτοκίνητο.....	71
<b>Διάγραμμα 4.14:</b> Γραφική αποτύπωση της κατανομής ταχυτήτων για δίκυκλο και αυτοκίνητο.....	72

**Διάγραμμα 4.15:** Γραφική αποτύπωση της κατανομής της επιτάχυνσης για δίκυκλο και αυτοκίνητο.....73

**Διάγραμμα 4.16:** Γραφική αποτύπωση των αριθμών των στάσεων ανά ημέρα για δίκυκλο και αυτοκίνητο. ....74

**Διάγραμμα 4.17:** Γραφική αποτύπωση των μέγιστων ταχυτήτων ανά ημέρα για δίκυκλο και αυτοκίνητο.....75





## Περιεχόμενα εικόνων

<b>Εικόνα 4.1:</b> Piaggio Typhoon 125cc .....	53
<b>Εικόνα 4.2:</b> Ο δέκτης GPS V της Garmin με την ενσωματωμένη κεραία .....	54
<b>Εικόνα 4.3:</b> Το δρομολόγιο του πειράματος μέσω Google Earth.....	55
<b>Εικόνα 4.4:</b> Ίχνος πορείας από MapSource.....	56

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## 1.1 Ατμοσφαιρική Ρύπανση

Η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να οριστεί ως η κάθε ατμοσφαιρική συνθήκη κατά την οποία είναι παρόντα συστατικά σε συγκεντρώσεις αρκετά υψηλότερες των συνηθισμένων τους τιμών στην ατμόσφαιρα, έτσι ώστε να δημιουργούν μετρήσιμα αποτελέσματα στον άνθρωπο, στα ζώα, στη βλάστηση, ή στα υλικά.

Με τον όρο «συστατικά» εννοούνται κάθε φυσική ή ανθρωπογενή χημική ουσία ικανή να είναι αερομεταφερόμενη (airborne). Αυτά τα συστατικά μπορούν να υπάρχουν στην ατμόσφαιρα ως αέρια, ως υγρές σταγόνες ή ως στερεά σωματίδια. Ο ορισμός αυτός περικλείει κάθε συστατικό επικίνδυνο ή όχι. Θα εστιάσουμε όμως σε αυτά τα συστατικά που, αποδεδειγμένα, προκαλούν ανεπιθύμητα αποτελέσματα.

Γενικότερα η ρύπανση αφορά σε ουσίες που βρίσκονται σε λάθος τόπο, ποσότητα και χρόνο και προκαλούν βλάβες στον άνθρωπο, στους οργανισμούς, στα οικοσυστήματα και στα υλικά.

Η ρύπανση του περιβάλλοντος είναι ένα πάντα επίκαιρο, πολύπλοκο και σοβαρό πρόβλημα:

- Υγείας, αφού επηρεάζει άμεσα την ανθρώπινη υπόσταση.
- Οικονομίας, αφού ανεβάζει το κόστος των παραγωγικών δραστηριοτήτων, φθείρει τα υλικά και επιβαρύνει αβάστακτα τις δαπάνες που χρειάζονται για να διατηρηθούν τα οικοσυστήματα σε κάποια σχετική ισορροπία.
- Προστασίας της φύσης, αφού διαταράσσει την ισορροπία των ζωντανών οργανισμών.

- Αισθητικής, αφού αλλοιώνει ανεπανόρθωτα την ομορφιά της φύσης και των ανθρωπίνων δημιουργημάτων.

Η εκπομπή ρύπων στην ατμόσφαιρα οφείλεται τόσο σε φυσικές διεργασίες (βιολογικές δραστηριότητες, ηφαιστεια , πυρκαγιές, κ.α.) όσο και σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες (βιομηχανία, παραγωγή ενέργειας, θέρμανση, αυτοκίνητα, κ.α.).

Σε παγκόσμια κλίμακα, οι εκπομπές ορισμένων αερίων ρύπων από την ίδια τη φύση είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες που προέρχονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Οι ρύποι που εκπέμπονται απ' ευθείας στην ατμόσφαιρα ονομάζονται πρωτογενείς (π.χ.  $SO_2$ ,  $NO$ , υδρογονάνθρακες, κ.α.). Υπάρχουν όμως και ρύποι που δεν εκπέμπονται από κάποια πηγή, αλλά σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα σαν αποτέλεσμα χημικού μετασχηματισμού πρωτογενών ρύπων (π.χ. το  $SO_3$  σχηματίζεται στην ατμόσφαιρα με οξείδωση του πρωτογενούς εκπεμπόμενου  $SO_2$ ) ή σαν προϊόντα διαφόρων αντιδράσεων (π.χ. όζον, νιτρικό υπεροξυ-ακετύλιο, θειικό αμμώνιο, κ.α.). Οι ρύποι αυτοί ονομάζονται δευτερογενείς και ο σχηματισμός τους μπορεί να λάβει χώρα σε χρόνο και τόπο διαφορετικό από το χρόνο και τόπο εκπομπής των πρόδρομων ουσιών (precursors) από τις οποίες προέρχονται.



**Εικόνα 1.1:** Θύελλα σκόνης στην περιοχή Hay Plain NSW (φωτογραφία : Steve Hill).



***Εικόνα 1.2:** Δορυφορική εικόνα από τις ανατολικές ακτές της Αυστραλίας. Διακρίνονται καθαρά οι θύσανοι που δημιουργούνται από τις εκτεταμένες πυρκαγιές – συχνό φαινόμενο τις καλοκαιρινές περιόδους.*

## **1.2 Πηγές Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης**

Τρεις είναι οι κυριότερες κατηγορίες ανθρωπογενών πηγών ρύπανσης: η βιομηχανική δραστηριότητα (συμπεριλαμβανομένου και του τομέα παραγωγής ενέργειας), οι μεταφορές και οι κεντρικές θερμάνσεις.

### **Βιομηχανία**

Η βιομηχανία αποτελεί τη μεγαλύτερη πηγή αερίων ρύπων καθώς το μεγαλύτερο μέρος της αποτελείται από σταθμούς παραγωγής ενέργειας. Οι μεγάλες ποσότητες ορυκτών καυσίμων που χρησιμοποιούνται οδηγούν στην παραγωγή εξίσου μεγάλων ποσοτήτων διοξειδίου του θείου και οξειδίων του αζώτου. Επίσης, είναι η κυριότερη πηγή βαρέων μετάλλων σε ποσοστό που πλησιάζει το 100%.

## **Θέρμανση**

Η συνεισφορά της θέρμανσης στα προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης έχει καθαρά εποχικό χαρακτήρα και έγκειται στην παραγωγή καπνού, διοξειδίου του θείου και, σε μικρότερο ποσοστό, οξειδίων του αζώτου. Αν και οι ρύποι, που παράγονται σε ετήσια βάση από τις κεντρικές θερμάνσεις, αποτελούν ένα μικρό ποσοστό σε σχέση με την παραγωγή των ίδιων ρύπων από τις άλλες δύο πηγές, το διοξείδιο του θείου αποτελεί, στις αστικές περιοχές, ρύπο- δείκτη για τη λειτουργία της κεντρικής θέρμανσης. Ακόμη σημαντικό στοιχείο είναι οι πολύ χαμηλές καμινάδες που χρησιμοποιούνται οι οποίες αδυνατούν να διασπείρουν τους ρύπους στην ευρύτερη περιοχή με αποτέλεσμα να δημιουργούνται σε πολλές περιπτώσεις αυξημένα τοπικά προβλήματα. Το πρόβλημα πάντως δείχνει μια σταθερή πορεία βελτίωσης λόγω της χρήσης καυσίμων καλύτερης ποιότητας (κυρίως χαμηλότερης περιεκτικότητας σε θείο) αλλά και της επέκτασης της τηλεθέρμανσης (η οποία στην χώρα μας λειτουργεί ακόμα πιλοτικά). Οι αιχμές, στις τιμές των ρύπων, παρουσιάζονται τις πρώτες πρωινές και τις πρώτες βραδινές ώρες. Αν κατά τις ώρες της μέγιστης παραγωγής επικρατούν δυσμενείς μετεωρολογικές συνθήκες (π.χ. άπνοια και θερμοκρασιακή αναστροφή), τότε προκαλείται συσσώρευση του εκπεμπόμενου διοξειδίου του θείου και οδηγούμαστε στο σχηματισμό καπνομίχλης.

## **Αυτοκίνητο**

Μέσα στην πληθώρα των ρυπογόνων δραστηριοτήτων μιας σύγχρονης πόλης, η χρήση του ιδιωτικού αυτοκινήτου αποτελεί την σημαντικότερη συνεισφορά του πολίτη στην ρύπανση της περιοχής. Παρά την μικρή, σχετικά, συνεισφορά κάθε μεμονωμένου αυτοκινήτου, η ρύπανση από τον μεγάλο αριθμό τους προστίθεται για να αποτελέσει την μεγαλύτερη απειλή για την ποιότητα του αέρα στις μεγαλουπόλεις.

Η ισχύς που είναι απαραίτητη για την κίνηση του αυτοκινήτου προέρχεται από την καύση του καυσίμου σε μια μηχανή εσωτερικής καύσης. Η ρύπανση προέρχεται τόσο από τα προϊόντα της καύσης (τυπικά από την εξάτμιση του αυτοκινήτου) όσο και από την εξάτμιση του καυσίμου. Η βενζίνη και το ντίζελ είναι μίγματα υδρογονανθράκων, ενώσεις που περιέχουν άτομα υδρογόνου και άνθρακα. Κατά την διάρκεια της καύσης σε μια τέλεια μηχανή, το οξυγόνο του αέρα θα μετέτρεπε το υδρογόνο σε νερό και τον άνθρακα σε διοξείδιο του άνθρακα. Το άζωτο του αέρα δεν θα επηρεαζόταν. Σχηματικά αυτό θα μπορούσαμε να το παρουσιάσουμε ως εξής:

*Καύσιμο (υδρογονάνθρακες) + Αέρας (O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>) → CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + N<sub>2</sub> + Θερμότητα*

Σε πραγματικές συνθήκες όμως τα πράγματα είναι διαφορετικά. Η καύση στη μηχανή του αυτοκινήτου δεν είναι τέλεια με αποτέλεσμα να εκπέμπονται ρύποι από την εξάτμιση του αυτοκινήτου (κυρίως υδρογονάνθρακες και μονοξείδιο του άνθρακα). Επιπρόσθετα, λόγω των υψηλών πιέσεων και θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στην μηχανή το οξυγόνο και το άζωτο του αέρα αντιδρούν σχηματίζοντας οξειδία του αζώτου. Σε μια τυπική περίπτωση έχουμε:

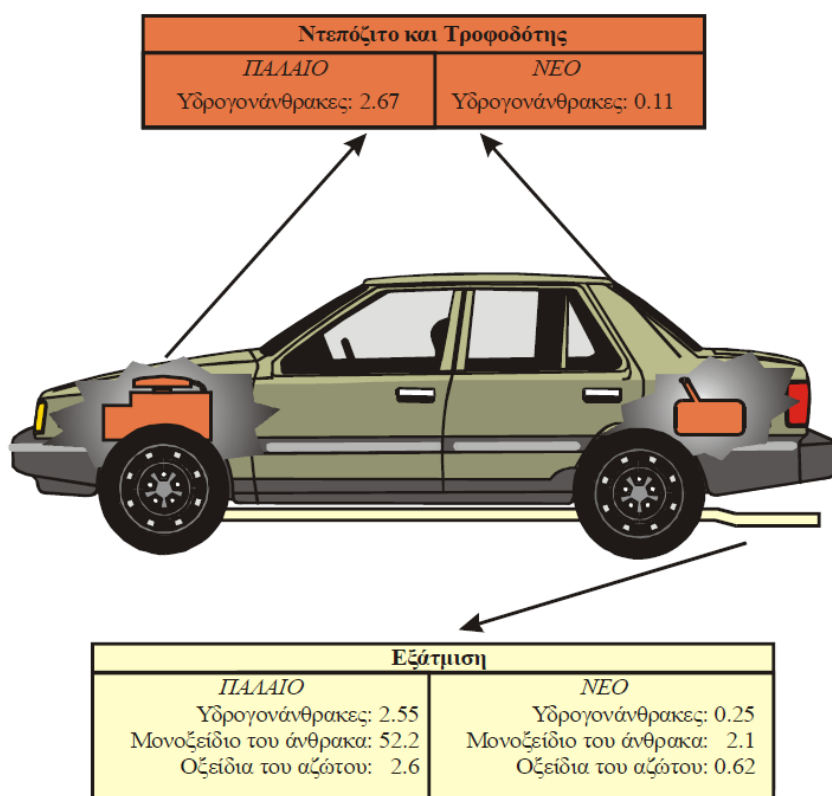
*Καύσιμο (υδρογονάνθρακες) + Αέρας (O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>)  
→ CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + άκαυστοι υδρογονάνθρακες + NO<sub>x</sub> + CO  
+ Θερμότητα*

Πρέπει εδώ να τονιστεί ότι η καύση στις μηχανές Diesel είναι πιο πλήρης απ' ό τι στους βενζινοκινητήρες οπότε και οι εκπομπές υδρογονανθράκων και μονοξειδίου του άνθρακα είναι μικρότερες. Αντίθετα οι κινητήρες Diesel έχουν μεγαλύτερη συνεισφορά στην εκπομπή των σωματιδίων και στις οσμές.

Εκτός των προϊόντων της καύσης, σημαντικές εκπομπές ρύπων προέρχονται και από την εξάτμιση των υδρογονανθράκων. Λαμβάνοντας μάλιστα υπόψη την πρόοδο που έχει γίνει στην μείωση των εκπομπών από την εξάτμιση του αυτοκινήτου, οι απώλειες υδρογονανθράκων λόγω εξάτμισης είναι υπεύθυνες για την πλειονότητα των εκπομπών αυτών των ρύπων στην ατμόσφαιρα, ιδιαίτερα κατά την διάρκεια ζεστών ημερών. Η εξάτμιση του καύσιμου γίνεται με πολλούς τρόπους:

- *Ημερήσια:* Σχετίζεται με την ημερήσια μεταβολή της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος και προκαλείται με την συστολή-διαστολή των ατμών του καυσίμου στο ρεζερβουάρ.
- *Κίνησης:* Κατά την διάρκεια της λειτουργίας του, τόσο ο κινητήρας όσο και η εξάτμιση θερμαίνονται με αποτέλεσμα να εξατμίζεται το καύσιμο.
- *Ακινητοποίησης:* Μετά την ακινητοποίηση του αυτοκινήτου και ενώ τα διάφορα μέρη παραμένουν θερμά, υπάρχει εξάτμιση καυσίμου από το ρεζερβουάρ και το καρμπυρατέρ.
- *Ανεφοδιασμού:* Οι ατμοί που υπάρχουν πάντοτε στο ρεζερβουάρ οδηγούνται έξω όταν το αυτοκίνητο ανεφοδιάζεται με βενζίνη.

Οι υδρογονάνθρακες και τα οξείδια του αζώτου που εκπέμπονται από τα αυτοκίνητα, με την παρουσία της ηλιακής ακτινοβολίας, σχηματίζουν το όζον, ίσως το πιο επικίνδυνο συστατικό του φωτοχημικού νέφους των πόλεων. Συμπληρωματικά, το διοξείδιο του άνθρακα, αν και ακίνδυνο για την υγεία είναι το σημαντικότερο θερμοκηπικό αέριο με μεγάλη συνεισφορά στην παγκόσμια μεταβολή του κλίματος.



**Εικόνα 1.3:** Τυπικές εκπομπές αερίων ρύπων σε g/κτ από ένα αυτοκίνητο παλαιάς και ένα νέας τεχνολογίας

Οι πετρελαιοκινητήρες αποτελούν την κυριότερη πηγή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, μέσω των σωματιδίων καπνού που εκλύουν, για αυτό και έχουν οριστεί νομοθετικά συγκεκριμένα όρια τα οποία δεν πρέπει να υπερβαίνονται. Στον πίνακα 1.2 βλέπουμε τους κυριότερους ρύπους και την προέλευση αυτών.

Ρύπος (g/km)	Αυτοκίνητα	Βιομηχανία	Οικ. θέρμανση
Οξειδία του αζώτου ( NOx)	67%	28%	5%
Υδρογονάνθρακες (HC)	68%	32%	
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	100%		
Σωματίδια	100%		
Καπνός	64%	19%	17%

*Πίνακας 1.2: Βασικοί ρύποι και προέλευση αυτών*

### 1.3 Εκπεμπόμενοι Ρύποι Οχημάτων

Τα οχήματα είναι υπεύθυνα για την εκπομπή μεγάλου αριθμού ρύπων. Ο σχηματισμός τους οφείλεται στη χημική διάσπαση των προϊόντων της καύσεως λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στον θάλαμο καύσεως, καθώς και στο γεγονός ότι σε πραγματικές συνθήκες καύσεως σε κινητήρες η πλήρης καύση είναι σχεδόν αδύνατη. [1]

Οι κυριότεροι ρύποι που λαμβάνονται υπόψη είναι :

- Διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>)
- Διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>)
- Αιθάλη
- Αιωρούμενα σωματίδια (SPM)
- Μόλυβδος (Pb)
- Όζον (O<sub>3</sub>)
- Οξειδία του αζώτου (NO<sub>x</sub>)
- Βενζόλιο (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)
- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
- Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAH)
- Κάδμιο (Cd)



- Αρσενικό (As)
- Νικέλιο (Ni)
- Υδράργυρος (Hg)
- Μαύρος καπνός (BS)
- Άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC)

Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι που κατά κύριο λόγο απασχολούν τις ανά τον κόσμο υπηρεσίες προστασίας του περιβάλλοντος είναι οι παρακάτω: το διοξείδιο του θείου, το μονοξείδιο του άνθρακα, τα οξείδια του αζώτου, οι υδρογονάνθρακες, το όζον, ο καπνός, τα αιωρούμενα σωματίδια και ο μόλυβδος. Ο προηγούμενος κατάλογος δεν εξαντλεί τις επιβλαβείς ουσίες που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα αλλά δεν θα γίνει εδώ αναφορά στις υπόλοιπες διότι είτε οι συγκεντρώσεις τους είναι χαμηλές είτε παρουσιάζουν καθαρά τοπικό χαρακτήρα.

#### **Διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>).**

Το διοξείδιο του θείου είναι αέριο, άχρωμο, άοσμο σε χαμηλές συγκεντρώσεις αλλά με έντονη ερεθιστική οσμή σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις.

Το 80% των ανθρωπογενών εκπομπών διοξειδίου του θείου προέρχεται από την καύση ορυκτών

καυσίμων από σταθερές πηγές (βιομηχανία, θέρμανση). Από αυτό, το 85% αποτελεί εκπομπές από σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ενώ μόνο το 2% οφείλεται στις εκπομπές του τομέα των μεταφορών. Σημαντικές πηγές αποτελούν επίσης τα διυλιστήρια πετρελαίου και τα εργοστάσια επεξεργασίας χαλκού.

Το διοξείδιο του θείου μπορεί να προκαλέσει σοβαρά αναπνευστικά προβλήματα στον άνθρωπο αλλά και αλλοιώσεις στη βλάστηση και τα μέταλλα. Μειώνει την ορατότητα της ατμόσφαιρας και αυξάνει την οξύτητα των επιφανειακών υδάτων (λιμνών και ποταμών). Τέλος, επιδρά στα δομικά υλικά και προκαλεί σημαντικές φθορές στο πολιτιστική μας κληρονομιά καθώς το H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> προσβάλλει το ανθρακικό ασβέστιο των μαρμάρων και το μετατρέπει σε γύψο.

### **Μονοξείδιο του άνθρακα (CO).**

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) είναι άχρωμο, άοσμο και άγευστο. Παράγεται από την ατελή καύση υλικών που περιέχουν άνθρακα αλλά και από ορισμένες βιολογικές και βιομηχανικές διεργασίες. Κύρια πηγή του όμως είναι τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα (70% των εκπομπών CO). Υψηλές συγκεντρώσεις του μπορούμε να συναντήσουμε σε κλειστά μέρη όπως χώροι στάθμευσης, ελλιπώς αεριζόμενες υπόγειες διαβάσεις ή κατά μήκος των δρόμων σε περιόδους κυκλοφοριακής αιχμής. Η διαχρονική πορεία του CO αντανακλά τις κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά του σημείου μέτρησης. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις απαντώνται τις πρωινές ώρες και τις μεταμεσημβρινές ώρες. Ανάλογα με τη συγκέντρωσή του στον ατμοσφαιρικό αέρα το CO μπορεί να προκαλέσει καρδιακές και πνευμονικές διαταραχές, διαταραχή της συμπεριφοράς, προσβολή του κεντρικού νευρικού συστήματος και διαταραχές των κινήσεων και της όρασης, πονοκέφαλο, κόπωση, κώμα, αδυναμία αναπνοής, ακόμη και θάνατο. Είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο σε κλειστούς χώρους όπου δύσκολα γίνεται αντιληπτή η παρουσία του.

### **Οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>).**

Από τα επτά γνωστά οξείδια του αζώτου (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, και N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) μόνο δύο είναι εκείνα που κατέχουν σπουδαίο ρόλο στα προβλήματα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης: το μονοξείδιο και το διοξείδιο του αζώτου. Για το λόγο αυτό έχει επικρατήσει, ο όρος «οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>)», να χρησιμοποιείται για να δηλώσει μόνο τα δύο αυτά οξείδια. Το NO είναι αέριο, άχρωμο και άγευστο ενώ το NO<sub>2</sub> έχει καστανοκόκκινο χρώμα και ιδιάζουσα οσμή. Τα οξείδια του αζώτου παράγονται από τη χρήση καυσίμων, κυρίως σε αυτοκίνητα αλλά και σε βιομηχανικούς καυστήρες και σε σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η παραγωγή των NO<sub>x</sub> γίνεται είτε από την οξείδωση του ατμοσφαιρικού αζώτου κατά τη διάρκεια της καύσης είτε κατά τη οξείδωση των αζωτούχων ενώσεων που περιέχονται στα καύσιμα. Το μεγαλύτερο μέρος από τις εκπομπές NO<sub>x</sub> γίνεται με τη μορφή του NO, το οποίο όμως οξειδώνεται γρήγορα προς NO<sub>2</sub>. Το διοξείδιο του αζώτου, υπό την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, αντιδρά με υδρογονάνθρακες και οδηγεί στην παραγωγή όζοντος και τη δημιουργία φωτοχημικού νέφους. Επίσης, το NO<sub>2</sub> έχει συμβολή στην όξινη βροχή.

Το διοξείδιο του αζώτου, σε μεγάλες συγκεντρώσεις, είναι ερεθιστικό για τον ανθρώπινο οργανισμό. Λόγω της μετατροπής του σε οξύ προκαλεί διάβρωση στα μέταλλα και τα υλικά,

ενώ είναι τοξικό και για τη βλάβη. Τέλος, προκαλεί μείωση της ορατότητας της ατμόσφαιρας καθώς μέσα από φωτοχημικές αντιδράσεις δημιουργεί ένα καστανοκίτρινο νέφος πάνω από τις πόλεις.

### **Όζον (O<sub>3</sub>).**

Το όζον δεν εκπέμπεται κατευθείαν στην ατμόσφαιρα αλλά παράγεται μετά από μια σειρά αντιδράσεων. Ο συνδυασμός των οξειδίων του αζώτου, των διαφόρων υδρογονανθράκων και του ηλιακού φωτός είναι δυνατό να εκκινήσει μια σειρά πολύπλοκων χημικών αντιδράσεων που σαν προϊόντα έχουν μια σειρά από δευτερογενείς ρύπους, ο κυριότερος από τους οποίους είναι το όζον. Οι διαδικασίες δημιουργίας του όζοντος μπορούν να εκφραστούν με μια απλή ποιοτική αντίδραση:

Το όζον είναι ο κυριότερος ρύπος της φωτοχημικής ρύπανσης των πόλεων και γι' αυτό χρησιμοποιείται σαν δείκτης της. Είναι αέριο άχρωμο, με έντονη οσμή και οξειδωτική δράση. Η χρονική κατανομή του ρύπου παρουσιάζει μέγιστο κατά τις πρώτες μεταμεσημβρινές ώρες. Το βράδυ, αντίθετα, παρουσιάζονται οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις κυρίως λόγω της απουσίας φωτός, και συνεπώς αδυναμίας παραγωγής όζοντος.

Υδρογονάνθρακες + Οξειδία του αζώτου + Ηλιακό φως → Φωτοχημικό νέφος

Οι εποχικές διακυμάνσεις στα επίπεδα του όζοντος έχουν άμεση σχέση με τις αντιδράσεις σχηματισμού του και ιδιαίτερα με την απαιτούμενη ηλιακή ακτινοβολία. Οι μέγιστες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται, λοιπόν, την θερμή περίοδο του έτους όπου τόσο η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας όσο και η διάρκεια της ημέρας είναι μεγαλύτερες. Λόγω των πολύπλοκων χημικών αντιδράσεων που οδηγούν είτε στον σχηματισμό είτε στην καταστροφή του, οι υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος δεν συνδυάζονται με υψηλές συγκεντρώσεις οξειδίων του αζώτου. Χαρακτηριστικά μπορούμε να αναφέρουμε για την Αθήνα, ότι υψηλές συγκεντρώσεις των οξειδίων του αζώτου παρατηρούνται συνήθως στο κέντρο της πόλης (λόγω μεγάλων εκπομπών από τα αυτοκίνητα) ενώ τα υψηλότερα επίπεδα όζοντος καταγράφονται στα βόρεια προάστια.

### **Αιωρούμενα σωματίδια**

Με τον όρο αιωρούμενα σωματίδια, χαρακτηρίζουμε τα, υγρά ή στερεά, σωματίδια που βρίσκονται σε ελεύθερη μορφή στον αέρα και έχουν κατάλληλες διαστάσεις και ειδικό βάρος που τους επιτρέπουν να παραμένουν σε αιώρηση για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Το μέγεθός τους (διάμετρος) κυμαίνεται από 0,0002 μm ως 500 μm ενώ η χημική τους σύσταση ποικίλει και αντανακλά την πηγή από την οποία προέρχονται. Κύριες ανθρωπογενείς πηγές τους είναι οι βιομηχανικές δραστηριότητες και ειδικά η παραγωγή τσιμέντου και γύψου, τα χυτήρια μεταλλευμάτων, οι κατασκευές και οι αγροτικές δραστηριότητες. Σημαντικές φυσικές πηγές αποτελούν η διάβρωση των εδαφών και των πετρωμάτων, η ηφαιστειακή δραστηριότητα, το σπρέι της θάλασσας και η καύση της βιομάζας.

### **Καπνός**

Σαν καπνός αναφέρονται τα μικρά σωματίδια τα οποία προέρχονται από ατελείς καύσεις και αποτελούνται κυρίως από άνθρακα και άλλα καύσιμα υλικά. Το μέγεθός τους είναι σχετικά μικρό, μέχρι 1 μm, αλλά είναι ορατά λόγω της μεγάλης ποσότητας τους.

### **Υδρογονάνθρακες**

Μια άλλη κατηγορία ενώσεων, με σημαντική επίδραση στην ανθρώπινη υγεία, είναι οι υδρογονάνθρακες. Με τη συνδρομή τους σχηματίζονται, δευτερογενώς, όζον, φορμαλδεΰδη και διάφορα φωτοχημικά οξειδωτικά. Κύρια πηγή υδρογονανθράκων είναι η χλωρίδα και κυρίως τα δέντρα, ενώ μόνο το 15% των εκπομπών προέρχεται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Το μεγαλύτερο ποσοστό πηγάει από την καύση ορυκτών καυσίμων και από τις διαφεύγουσες εκπομπές μηχανών εσωτερικής καύσης και από διυλιστήρια πετρελαίου. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, κύρια πηγή τους είναι οι κεντρικές θερμάνσεις και η βιομηχανία ενώ το καλοκαίρι (λόγω αυξημένων εξατμίσεων) το μεγαλύτερο ποσοστό τους προέρχεται από τα αυτοκίνητα.

### **Μόλυβδος (Pb)**

Ο μόλυβδος προστίθεται ως αντικροτικό στα καύσιμα. Με τη αλλαγή της σύστασης του στόλου των αυτοκινήτων και με τη χρήση της αμόλυβδης βενζίνης παρουσιάζεται σημαντική μείωση στις συγκεντρώσεις του. Πλην των αυτοκινήτων, άλλες πηγές μολύβδου αποτελούν η χρήση γαιανθράκων, οι βαριές βιομηχανίες, τα χυτήρια μεταλλευμάτων, τα εργοστάσια μπαταριών και η καύση των απορριμμάτων.

### 1.3 Επιπτώσεις Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

Για μεγάλο μέρος της ανθρώπινης ιστορίας, η επιρροή του ανθρώπου στην επιφάνεια της γης, υπήρξε αμελητέα. Η επιρροή αυτή όμως, αυξήθηκε αλματωδώς τα τελευταία χιλιάδες χρόνια. Τα αποτελέσματα της αλλαγής αυτής είναι εμφανή και μετρήσιμα στην επιφάνεια της γης, στην ατμόσφαιρα, στα ύδατα. Στην ατμόσφαιρα, για παράδειγμα, απόδειξη αλλαγής συνιστούν φαινόμενα όπως οι αυξανόμενες παγκόσμιες μέσες θερμοκρασίες και οι συγκεντρώσεις ορισμένων αερίων σε αυτή. Η αλλαγή δεν αποτελεί όμως το μοναδικό πρόβλημα. Αυξανόμενες ανησυχίες προκαλεί παγκοσμίως ο βαθμός κατά τον οποίο συντελούνται οι αλλαγές προκαλούμενες από ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Από τις απαρχές της ζωής στον πλανήτη, διάφορες αλλαγές στο κλίμα διαμόρφωσαν την κατανομή και τη συμπεριφορά των ειδών. Σήμερα, η αύξηση των ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου, αναμένεται να προκαλέσει αλλαγές στο κλίμα του πλανήτη οι οποίες δεν είχαν παρουσιαστεί για εκατοντάδες χρόνια. Τουλάχιστον σε κάποιο βαθμό, η παγκόσμια αύξηση οφείλεται σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες, και σαφώς σε τοπικές επιδράσεις όπως τα αστικά φαράγγια (urban heatislands) επηρεάζουν τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες. Κάθε χρόνο ως αποτέλεσμα ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, δισεκατομμύρια τόνοι διοξειδίου του άνθρακα κυρίως από την καύση ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο) καθώς και άλλων αερίων, όπως το μεθάνιο και το υποξείδιο του αζώτου, απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα αλλάζοντας τη σύσταση των αερίων που παρέμενε σταθερή για δεκάδες χιλιάδες χρόνια. Η ανατροπή αυτή αναμένεται να αλλάξει δραστικά το κλίμα τις ερχόμενες δεκαετίες.

Η παραγωγή και διάθεση αποβλήτων αποτελεί ένα από τους τρόπους με τον οποίο οι άνθρωποι επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα με αέρια του θερμοκηπίου. Αναδυόμενο παγκόσμιο ζήτημα αποτελούν τα ηλεκτρονικά απόβλητα (E-waste), λόγω της ύπαρξης μολύβδου, υδραργύρου, επιβραδυντών φλόγας που περιέχουν βρώμιο, και άλλων τοξικών ουσιών.

Κάποιες τάσεις παγκόσμιας σημασίας οι οποίες εμφανίσθηκαν μεταξύ των ετών 1980 και 2000, μπορεί επίσης να συμβάλλουν στην απώλεια των δασικών οικοσυστημάτων, όπως είναι για παράδειγμα η υπερθέρμανση του πλανήτη, τα φαινόμενα El Niño, αλλαγές στις νεφώσεις, στη δυναμική των ισχυρών ανέμων, και μια αύξηση σε ποσοστό 9,3% στο ατμοσφαιρικό CO<sub>2</sub>. Μια από τις σημαντικότερες πρόσφατες κλιματικές αλλαγές, είναι η μείωση της κάλυψης τροπικών νεφών, η οποία αν συνεχιστεί, σε συνδυασμό με μειωμένες βροχοπτώσεις, θα οδηγήσει τα τροπικά οικοσυστήματα να αντιμετωπίσουν θέματα ζωτικής σημασίας, όπως η λειψυδρία, η έλλειψη παραγωγικότητας, καθώς και φαινόμενα διαταραχών.

Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες επιδρούν στην ατμόσφαιρα της γης με τρόπο άμεσο ή έμμεσο: Ως άμεσες επιδράσεις θα μπορούσαν να αναφερθούν η παραγωγή και απελευθέρωση ρύπων που βλάπτουν την ατμόσφαιρα, και η προσθήκη CO<sub>2</sub> και άλλων αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, τα οποία συμβάλλουν στην αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη και στις αλλαγές του παγκόσμιου κλίματος.

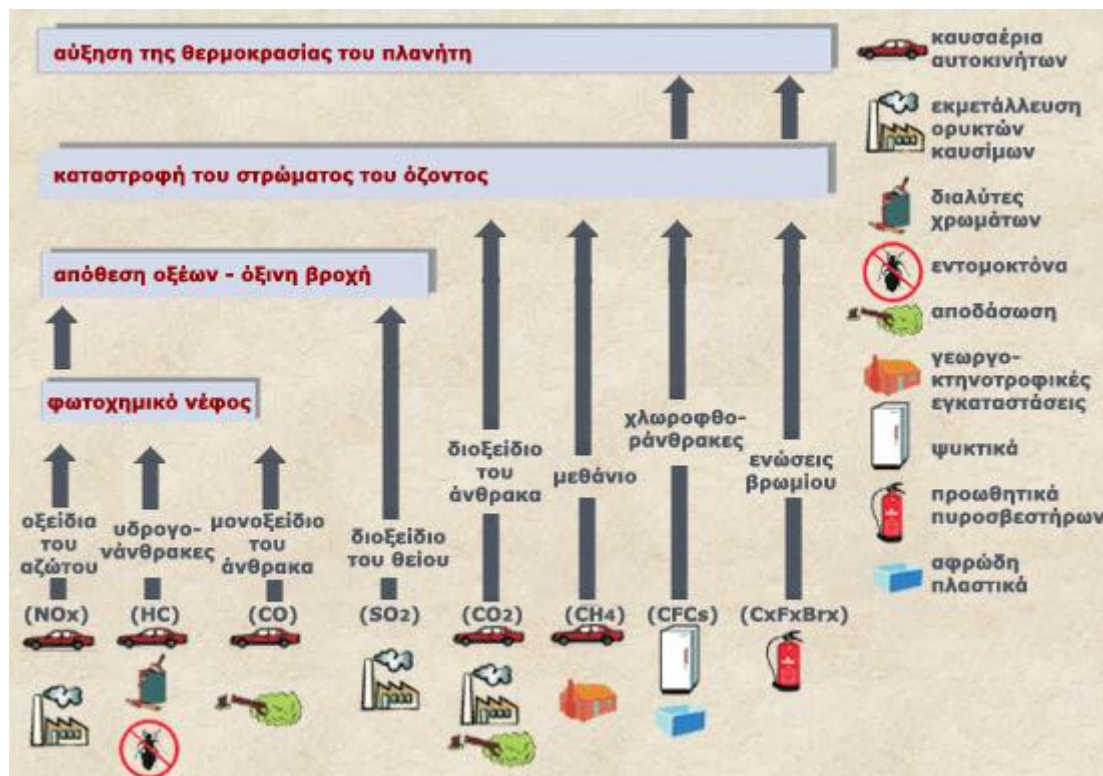
Τα τελευταία 50 χρόνια παρατηρείται σε παγκόσμιο επίπεδο σταθερή αύξηση της συχνότητας των φυσικών φαινομένων μεγάλης έντασης (πλημμύρες, τυφώνες κ.α.), αλλά κυρίως της σφοδρότητας τους, με αποτέλεσμα να πολλαπλασιαστεί την ίδια περίοδο το ύψος των ζημιών που προκαλούν στις υποδομές. Στα επίσημα στοιχεία πρέπει να προστεθεί και το κόστος που συνεπάγεται η μείωση της παραγωγής (γεωργική, κτηνοτροφική, αλιευτική, τουριστική κ.α.), η άνοδος των τιμών των σχετικών προϊόντων, η απώλεια θέσεων εργασίας και η καταστροφή στο οικοσύστημα.

## **1.4 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μεταφορών**

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, σχεδόν το ένα τρίτο όλης της ενέργειας χρησιμοποιείται για τις μεταφορές. Επιπλέον, η χρήση της ενέργειας για τις μεταφορές αυξάνεται, ενώ άλλες χρήσεις είναι σχετικά σταθερές μεταξύ του 1980

και του 1995. Η χρήση ενέργειας μεταφορών αυξήθηκε κατά περίπου 45%, ενώ αυτή που χρησιμοποιείται για τη βιομηχανία και άλλους σκοπούς, μειώθηκαν ελαφρώς (0.5%). Η ζήτηση για τη μεταφορά είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την οικονομική ανάπτυξη. Η μεταφορά είναι ένα πολύτιμο και απαραίτητο κομμάτι της σύγχρονης κοινωνίας αλλά, όλο και περισσότερο, η διαδεδομένη ύπαρξή της, αναγνωρίζεται ως σημαντικός παράγοντας σε μια εκτενή σειρά ανεπιθύμητων παρενεργειών. Η συμφόρηση κυκλοφορίας καθιστά τις πόλεις λιγότερο ευχάριστες και μειώνει την αποδοτικότητα του μεταφορικού συστήματος μέσω της αύξησης του χρόνου ταξιδιών, της κατανάλωσης καυσίμου και του stress των οδηγών.

Μια ακόμα σημαντική καταστρεπτική περιβαλλοντική επίδραση των μεταφορών είναι η συμβολή τους στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Κάθε λίτρο καυσίμου που καίγεται παράγει, κατά προσέγγιση, 100 γραμμάρια μονοξειδίου του άνθρακα, 20 γραμμάρια πτητικών οργανικών ενώσεων, 30 γραμμάρια οξειδίων του αζώτου, 2,5 κιλά διοξειδίου του άνθρακα και ποικίλες άλλες εκπομπές συμπεριλαμβανομένων των ενώσεων μολύβδου και των ενώσεων θείου. Όλες αυτές οι ενώσεις συνδέονται σε μερικό βαθμό με τα προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης που κυμαίνονται από τις τοπικές άμεσες επιπτώσεις στην υγεία, στις παγκόσμιες ανησυχίες όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η τρύπα του όζοντος, και η όξινη βροχή κλπ.



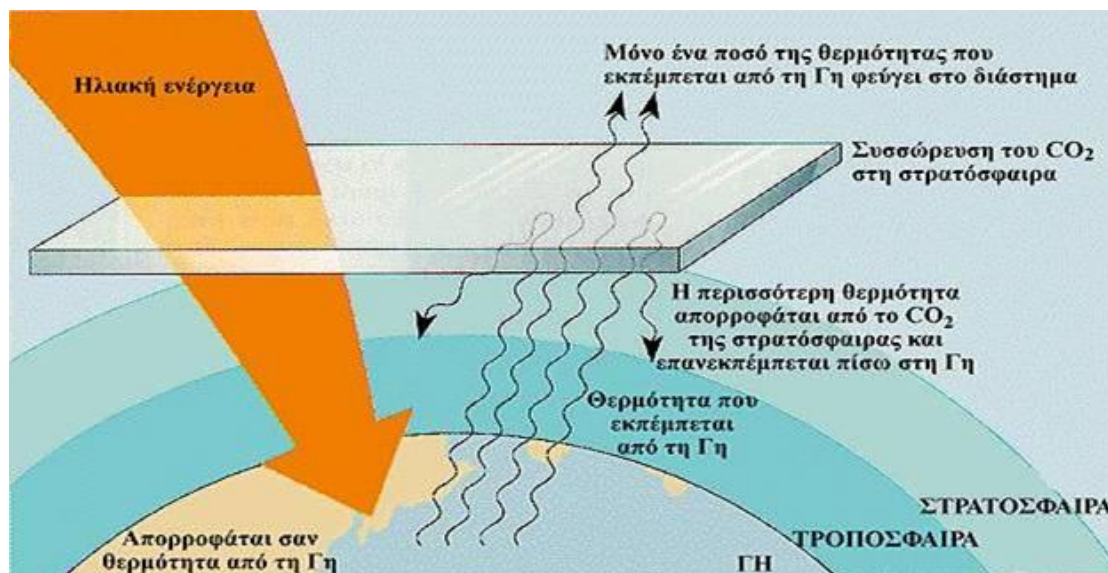
**Εικόνα 1.4.** Οι κυριότερες από τις πηγές παραγωγής αερίων που ευθύνονται για την ατμοσφαιρική ρύπανση. [2]

### Φαινόμενο του θερμοκηπίου

Φαινόμενο του θερμοκηπίου ή θερμοκηπικό φαινόμενο, ονομάζεται η φυσική ατμοσφαιρική διαδικασία χάρη στην οποία διαμορφώνονται οι κατάλληλες συνθήκες που καθιστούν τον πλανήτη μας φιλόξενο για τη ζωή. Για την ακρίβεια το φαινόμενο του θερμοκηπίου και τα ατμοσφαιρικά αέρια που το καθορίζουν, διατηρούν τη θερμοκρασία του πλανήτη σε ανεκτά επίπεδα για την επιβίωση και την ανάπτυξη του ανθρώπου, καθώς και των έμβιων όντων γενικότερα. Υπό φυσιολογικές συνθήκες η μέση θερμοκρασία της γης κυμαίνεται περίπου στους 15 βαθμούς Κελσίου, ενώ χωρίς το φαινόμενο του θερμοκηπίου θα ήταν κατά 30 και πλέον βαθμούς χαμηλότερη. Τα αέρια που καθορίζουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου ονομάζονται θερμοκηπικά αέρια, με βασικότερα τους υδρατμούς, το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο, το όζον και τους χλωροφθοράνθρακες. Τα αέρια αυτά σχηματίζουν ένα στρώμα το οποίο επιτρέπει τη διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας προς τη γη, αλλά παράλληλα εγκλωβίζει την εκπεμπόμενη από το Καταγραφή των χαρακτηριστικών κίνησης για την δημιουργία κύκλου οδήγησης στην πόλη του Ηρακλείου. Εμμανουήλ Παπαδάκης



έδαφος και τα επιφανειακά υλικά ακτινοβολία. Καθώς αυτή η διαδικασία εμφανίζει σημαντική ομοιότητα με τη λειτουργία ενός θερμοκηπίου, της αποδόθηκε και το όνομα φαινόμενο του θερμοκηπίου.



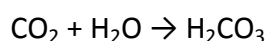
*Εικόνα 1.5. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου[3]*

## Όξινη βροχή

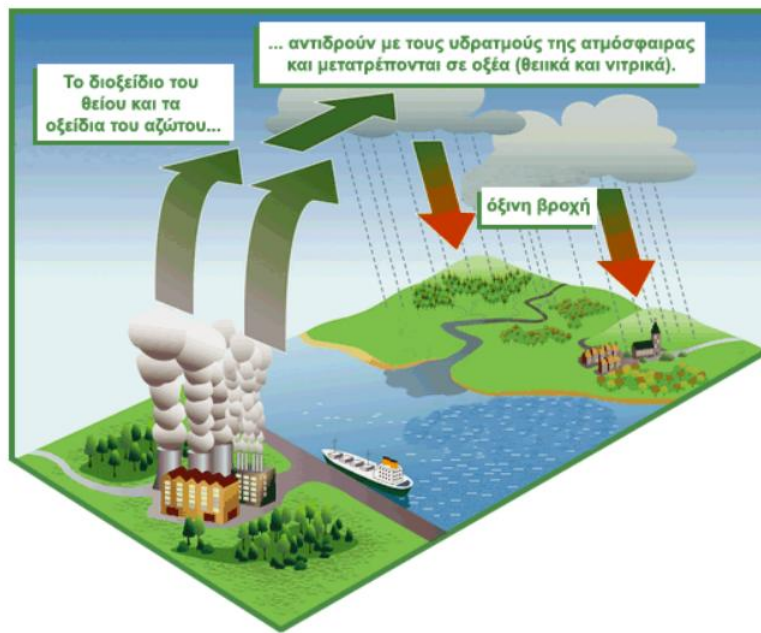
Όξινη βροχή ονομάζεται το φαινόμενο των ασυνήθιστα όξινων μετεωρολογικών κατακρημνισμάτων, όπως π.χ. βροχή, χαλάζι, χιόνι, ομίχλη, πάχνη, ως και ξηρή σκόνη. Το επίθετο «ασυνήθιστα» χρησιμοποιείται γιατί είναι συνηθισμένο η βροχή στη Γη να έχει (κάποιο) όξινο χαρακτήρα, λόγω της διάλυσης σε αυτήν αερίων συστατικών της με όξινη συμπεριφορά, όπως π.χ. το διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ). Ο όρος όξινη βροχή αναφέρεται στην παρουσία σε αυτήν όξινων διαλυμένων ρύπων, δηλαδή ουσιών (αερίων ή μη) που δεν αποτελούν φυσιολογικά χαρακτηριστικά της καθαρής ατμόσφαιρας, αλλά είναι προϊόντα ανθρώπινης δραστηριότητας ή άλλων ρυπογόνων αιτιών (π.χ. ηφαιστειακής δραστηριότητας). Επειδή τα διάφορα καυσαέρια ορυκτών καυσίμων, όπως το πετρέλαιο και οι γαιάνθρακες, περιέχουν συχνά (όξινα) οξείδια του θείου και του αζώτου, μεταξύ άλλων, παράγεται όξινη βροχή που περιέχει σε διάλυση τα αντίστοιχα οξέα. Η όξινη βροχή επιφέρει καταστροφικά αποτελέσματα σε οικοσυστήματα, καλλιέργειες, πολιτιστικά μνημεία

και περιουσιακά στοιχεία των πολιτών (π.χ. αυτοκίνητα). Οι βαριές επιπτώσεις του φαινομένου ανάγκασαν, τα τελευταία χρόνια, πολλές κυβερνήσεις να επιβάλλουν νόμους και άλλα μέτρα με σκοπό τη μείωση, τουλάχιστον, του φαινομένου και άρα των επιπτώσεών του. [4]

Η όξινη βροχή είναι ένας όρος ετυμολογικά που αναφέρεται σε όξινο περιεχόμενο βροχής μόνο. Όμως, ακόμη και το αποσταγμένο νερό, αν έρθει σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα διαλύει διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), που είναι από τα φυσικά συστατικά της ατμόσφαιρας της Γης<sup>[3]</sup>, οπότε σχηματίζεται ανθρακικού οξέος (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), το οποίο, ως ασθενές οξύ, κάνει όξινο το διάλυμα που προκύπτει:



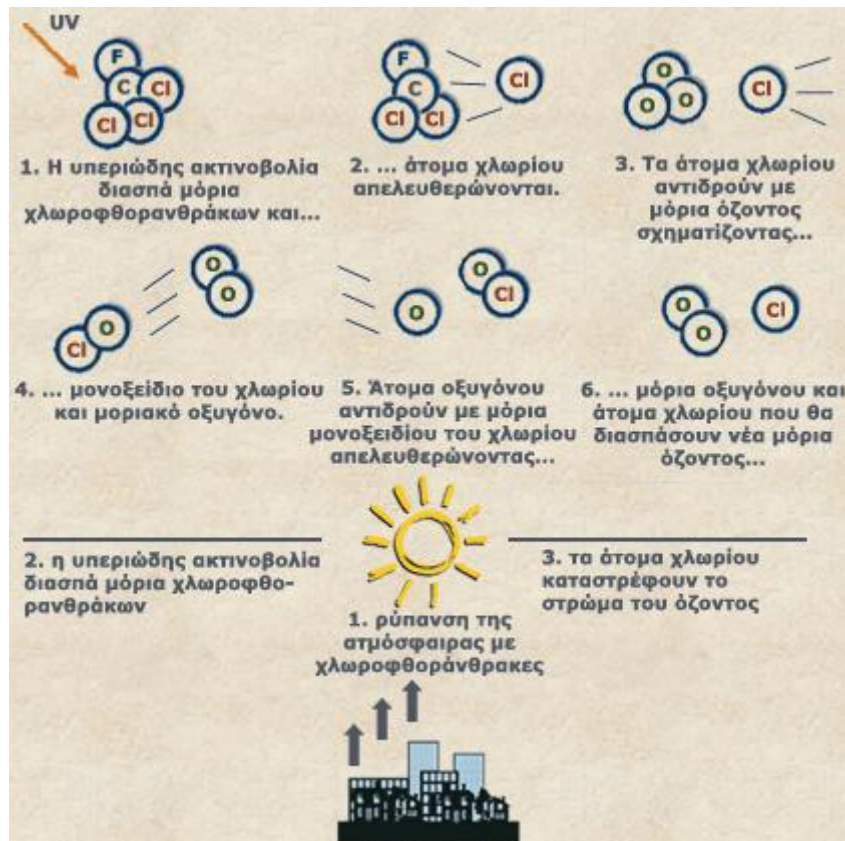
Άρα και η βροχή (και τα άλλα υδατώδη μετεωρολογικά κατακρημνίσματα) σχεδόν πάντα δίνει όξινη αντίδραση, γιατί περνώντας μέσα από τον ατμοσφαιρικό αέρα απορροφά τουλάχιστον διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), που είναι από τα φυσικά συστατικά της ατμόσφαιρας της Γης. Η μικρή, σχετικά, αυτή οξύτητα από ένα αραιό και ασθενές οξύ δεν έχει ορατές συνέπειες στο φυσικό και οικιστικό περιβάλλον. Ωστόσο, ο όρος όξινη βροχή δεν αναφέρεται σ' αυτό το φυσικό επίπεδο οξύτητας, που φτάνει τιμές του pH μέχρι και περίπου 5,2<sup>[4]</sup>. Ίσως θα ήταν ακριβέστερος ο όρος όξινη ρυποφόρα κατακρήμνιση, αλλά διεθνώς έχει επικρατήσει ο όρος όξινη βροχή (acid rain). Το πρόβλημα δηλαδή είναι η παρουσία στη βροχή ρύπων με έντονα όξινη αντίδραση. Τέτοιοι ρύποι είναι τα προερχόμενα, συνήθως από καυσαέρια, οξείδια του αζώτου και του θείου, τα οποία διαλυόμενα δίνουν ισχυρά όξινά και οξειδωτικά διαλύματα με προφανείς και καταστρεπτικές συνέπειες στα φυσικά οικοσυστήματα, αλλά και στα οικιστικά.[5]



**Εικόνα 1.6** Το φαινόμενο της όξινης βροχής:

### Τρύπα του όζοντος

Τρύπα του όζοντος είναι το φαινόμενο κατά το οποίο το στρώμα του όζοντος που βρίσκεται στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας της Γης μειώνεται σε πάχος πάνω από την Ανταρκτική. Επειδή το λεπτότερο σημείο του είναι πάνω από το Νότιο Πόλο, η μείωση του πάχους του στρώματος έχει ως αποτέλεσμα την ονομαζόμενη "τρύπα" στο στρώμα του όζοντος. Λόγω του ότι το όζον (αλλοτροπία μορφή του οξυγόνου, τριατομικό οξυγόνο,  $O_3$ ) προστατεύει από την ηλιακή ακτινοβολία, απορροφώντας σημαντικό τμήμα της υπεριώδους, η δημιουργία της τρύπας του όζοντος έχει αρνητικά αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία. Επίσης αυξάνει την θερμοκρασία στον πλανήτη και βοηθάει αρνητικά στο λιώσιμο των πάγων. Το φαινόμενο αυτό θεωρείται πως δημιουργήθηκε από υπερβολική χρήση χλωριοφθορανθράκων (CFC) που χρησιμοποιούνταν σε κλιματιστικά και γενικά σε ψυκτικές συσκευές. Στην επέκταση του επίσης συμβάλλουν τόσο τα καυσαέρια (από την κυκλοφορία των οχημάτων) όσο και τα αέρια απόβλητα των εργοστασίων.[6]



**Εικόνα 1.7** Εξασθένιση της στιβάδας του όζοντος: Στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας (στρατόσφαιρα) και με την επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας, οι χλωροφθοράνθρακες διασπώνται απελευθερώνοντας χλώριο που μετατρέπει το όζον σε οξυγόνο. Η μείωση της συγκέντρωσης του όζοντος στη στρατόσφαιρα προκαλεί αύξηση της υπεριώδους ακτινοβολίας που φτάνει στη Γη, με αρνητικές επιπτώσεις στους οργανισμούς των χερσαίων και των υδατικών οικοσυστημάτων.[7]



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΡΥΠΩΝ

### 2.1 Όρια εκπομπής ρύπων μετά το 1991

Οι ντιρεκτίβες «Euro», οι οποίες θέτουν σε όρια τις εκπομπές ρύπων των οχημάτων, θεσπίστηκαν στην Ευρώπη από το 1992 και έπειτα. Η πρώτη ντιρεκτίβα ονομάστηκε «Euro 1» και στη συνέχεια ακλούθησαν κι άλλες ακόμα πιο αυστηρές. Οι αυτοκινητοβιομηχανίες οφείλουν να τις εφαρμόζουν κατά γράμμα και χάρη σε αυτές έχουν πλέον μειωθεί οι ρύποι των οχημάτων κατά πολύ. Τα όρια στη συνέχεια, τα ακλουθήσανε κι άλλες χώρες εκτός Ευρωπαϊκής ένωσης.

Τα ευρωπαϊκά πρότυπα ανώτατων εκπεμπόμενων ρύπων συνοψίζονται στους παρακάτω πίνακες:

Τύπος	Ημερομηνία	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM	PN
<b>Ντήζελ (ανάφλεξη με συμπίεση)</b>							
Euro 1†	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	0.14 (0.18)	-
Euro 2, IDI	1996.01	1.0	-	0.7	-	0.08	-
Euro 2, DI	1996.01a	1.0	-	0.9	-	0.10	-
Euro 3	2000.01	0.64	-	0.56	0.50	0.05	-
Euro 4	2005.01	0.50	-	0.30	0.25	0.025	-
Euro 5a	2009.09b	0.50	-	0.23	0.18	0.005f	-
Euro 5b	2011.09c	0.50	-	0.23	0.18	0.005f	6.0×10 <sup>11</sup>
Euro 6	2014.09	0.50	-	0.17	0.08	0.005f	6.0×10 <sup>11</sup>
<b>Θετική ανάφλεξη (βενζίνη)</b>							
Euro 1†	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	-	-
Euro 2	1996.01	2.2	-	0.5	-	-	-
Euro 3	2000.01	2.30	0.20	-	0.15	-	-
Euro 4	2005.01	1.0	0.10	-	0.08	-	-
Euro 5	2009.09b	1.0	0.10d	-	0.06	0.005e,f	-
Euro 6	2014.09	1.0	0.10d	-	0.06	0.005e,f	6.0×10 <sup>11</sup> e,g
* Στο EURO 1-4, τα επιβατικά οχήματα > 2.500 kg ήταν εγκεκριμένου τύπου όπως τα οχήματα της κατηγορίας N1							
† Τιμές σε παρένθεση συμμόρφωσης της παραγωγής (COP) σε όρια							
α. μέχρι τις 1999.09.30 (μετά την ημερομηνία αυτή DI κινητήρες πρέπει να πληρούν τα IDI όρια)							
β. 2011.01 Για όλα τα μοντέλα							
γ. 2013.01 Για όλα τα μοντέλα							
δ. και NMHC = 0,068 g/km							
ε. ισχύει μόνο για τα αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν DI κινητήρες							
ζ. 0,0045 G/km χρησιμοποιώντας την PMP διαδικασία μέτρησης							
η. 6,0×10 <sup>12</sup> 1/χλμ εντός των πρώτων τριών ετών από EURO 6 με αποτελεσματική ημερομηνία							

**Πίνακας 2.1:** Ευρωπαϊκές προδιαγραφές εκπομπών ρύπων για επιβατικά αυτοκίνητα

Κατηγορία†	Φάση	Ημερομηνία	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM	PN
<b>Ντίζελ (ανάφλεξη με συμπίεση)</b>								
N1, Class I ≤1305 kg	Euro 1	1994.10	2.72	-	0.97	-	0.14	-
	Euro 2 IDI	1998.01	1.0	-	0.70	-	0.08	-
	Euro 2 DI	1998.01a	1.0	-	0.90	-	0.10	-
	Euro 3	2000.01	0.64	-	0.56	0.50	0.05	-
	Euro 4	2005.01	0.50	-	0.30	0.25	0.025	-
	Euro 5a	2009.09b	0.50	-	0.23	0.18	0.005f	-
	Euro 5b	2011.09d	0.50	-	0.23	0.18	0.005f	6.0×10 <sup>11</sup>
Euro 6	2014.09	0.50	-	0.17	0.08	0.005f	6.0×10 <sup>11</sup>	
N1, Class II 1305-1760 kg	Euro 1	1994.10	5.17	-	1.40	-	0.19	-
	Euro 2 IDI	1998.01	1.25	-	1.0	-	0.12	-
	Euro 2 DI	1998.01a	1.25	-	1.30	-	0.14	-
	Euro 3	2001.01	0.80	-	0.72	0.65	0.07	-
	Euro 4	2006.01	0.63	-	0.39	0.33	0.04	-
	Euro 5a	2010.09c	0.63	-	0.295	0.235	0.005f	-
	Euro 5b	2011.09d	0.63	-	0.295	0.235	0.005f	6.0×10 <sup>11</sup>
Euro 6	2015.09	0.63	-	0.195	0.105	0.005f	6.0×10 <sup>11</sup>	
N1, Class III >1760 kg	Euro 1	1994.10	6.90	-	1.70	-	0.25	-
	Euro 2 IDI	1998.01	1.5	-	1.20	-	0.17	-
	Euro 2 DI	1998.01a	1.5	-	1.60	-	0.20	-
	Euro 3	2001.01	0.95	-	0.86	0.78	0.10	-
	Euro 4	2006.01	0.74	-	0.46	0.39	0.06	-
	Euro 5a	2010.09c	0.74	-	0.350	0.280	0.005f	-
	Euro 5b	2011.09d	0.74	-	0.350	0.280	0.005f	6.0×10 <sup>11</sup>
Euro 6	2015.09	0.74	-	0.215	0.125	0.005f	6.0×10 <sup>11</sup>	
N2	Euro 5a	2010.09c	0.74	-	0.350	0.280	0.005f	-
	Euro 5b	2011.09d	0.74	-	0.350	0.280	0.005f	6.0×10 <sup>11</sup>
	Euro 6	2015.09	0.74	-	0.215	0.125	0.005f	6.0×10 <sup>11</sup>
<b>Θετική ανάφλεξη (βενζίνη)</b>								
N1, Class I ≤1305 kg	Euro 1	1994.10	2.72	-	0.97	-	-	-
	Euro 2	1998.01	2.2	-	0.50	-	-	-
	Euro 3	2000.01	2.3	0.20	-	0.15	-	-
	Euro 4	2005.01	1.0	0.10	-	0.08	-	-
	Euro 5	2009.09b	1.0	0.10g	-	0.06	0.005e,f	-
	Euro 6	2014.09	1.0	0.10g	-	0.06	0.005e,f	6.0×10 <sup>11</sup> e,j
N1, Class II 1305-1760 kg	Euro 1	1994.10	5.17	-	1.40	-	-	-
	Euro 2	1998.01	4.0	-	0.65	-	-	-
	Euro 3	2001.01	4.17	0.25	-	0.18	-	-
	Euro 4	2006.01	1.81	0.13	-	0.10	-	-

	Euro 5	2010.09c	1.81	0.13h	-	0.075	0.005e,f	-
	Euro 6	2015.09	1.81	0.13h	-	0.075	0.005e,f	6.0×10 <sup>11</sup> e,j
N1, Class III >1760 kg	Euro 1	1994.10	6.90	-	1.70	-	-	-
	Euro 2	1998.01	5.0	-	0.80	-	-	-
	Euro 3	2001.01	5.22	0.29	-	0.21	-	-
	Euro 4	2006.01	2.27	0.16	-	0.11	-	-
	Euro 5	2010.09c	2.27	0.16i	-	0.082	0.005e,f	-
	Euro 6	2015.09	2.27	0.16i	-	0.082	0.005e,f	6.0×10 <sup>11</sup> e,j
N2	Euro 5	2010.09c	2.27	0.16i	-	0.082	0.005e,f	-
	Euro 6	2015.09	2.27	0.16i	-	0.082	0.005e,f	6.0×10 <sup>11</sup> e,j

† Για το Euro 1/2 της κατηγορίας N1, μάζα αναφοράς τάξεις ήταν Class I ≤ 1.250 kg, Class II 1250-1700 kg, Class III > 1.700 kg  
α. μέχρι της 1999.09.30 (μετά την ημερομηνία αυτή DI κινητήρες πρέπει να πληρούν τα IDI όρια)  
β. 2011.01 Για όλα τα μοντέλα  
γ. 2012.01 Για όλα τα μοντέλα  
δ. 2013.01 Για όλα τα μοντέλα  
ε. ισχύει μόνο για τα αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν DI κινητήρες  
η. 0,0045 G/km χρησιμοποιώντας την PMP διαδικασία μέτρησης  
θ. και NMHC = 0,068 g/km h. και NMHC = 0,090 g/km i. και NMHC = 0,108 g/km j. 6,0 ×10<sup>12</sup> 1/χλμ εντός των πρώτων τριών ετών από EURO 6 ημερομηνίες

**Πίνακας 2.2.:** Ευρωπαϊκές προδιαγραφές εκπομπών ρύπων για ελαφρά επιβατικά αυτοκίνητα

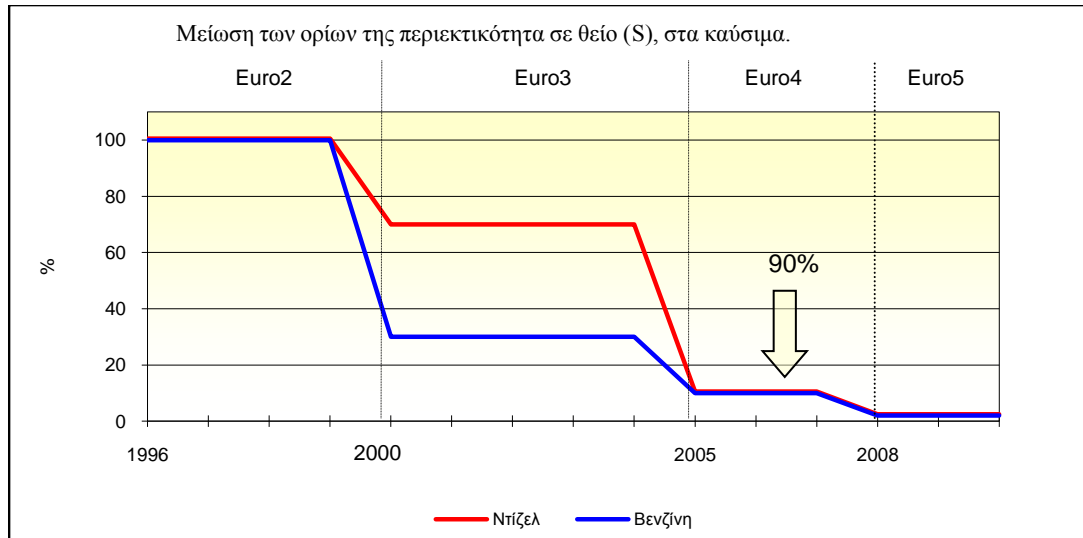
Η εφαρμογή των Euro, είχε ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση των εκπομπών ρύπων των οχημάτων, το οποίο συνείσφερε στη ελάττωση μόλυνσης του περιβάλλοντος. Στο πινάκα 2.3 απεικονίζεται η βελτίωση ορισμένων ποιοτικών χαρακτηριστικών της βενζίνης και του πετρελαίου.

NTIZEΛ	Euro 2 (1996)	Euro 3 (2000)	Euro 4 (2005)	Euro 5 (2008)
Περιεκτικότητα σε θείο	500ppm*	350ppm	50ppm	10ppm
Αριθμός κετανίου	49	51	51	-
BENZINH	Euro 2 (1996)	Euro 3 (2000)	Euro 4 (2005)	Euro 5 (2008)
Περιεκτικότητα σε θείο	500 ppm	150 ppm	50 ppm	10 ppm
Περιεκτικότητα σε βενζόλιο	5 % v/v	1 % v/v	1% v/v	-

**Πίνακας 2.3.:** Προδιαγραφές οδικών καυσίμων, τα έτη 1996-2005, στην Ευρωπαϊκή Ένωση<sup>1</sup>

Στο διάγραμμα 2.4 παρουσιάζεται η πολύ μεγάλη μείωση της ανωτάτης επιτρεπομένης περιεκτικότητας θείου στα καύσιμα μεταξύ των ετών 1996-2005.





**Διάγραμμα 2.1:** Μείωση ανωτάτης επιτρεπόμενης περιεκτικότητας θείου στα καύσιμα βενζίνης και πετρελαίου επί %.[8]

## 2.2 Νομοθεσία για τις εκπομπές ρύπων

Η Ευρωπαϊκή Ένωση στις 20 Μαρτίου 1970, εξέδωσε την Οδηγία 70/220/ΕΟΚ, η οποία αναφέρεται στα μέτρα που πρέπει να ληφθούν για την καταπολέμηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τις εκπομπές των οχημάτων με κινητήρα. Η οδηγία αργότερα τροποποιήθηκε με τα εξής μέτρα, τα οποία αναφέρονται παρακάτω [9]:

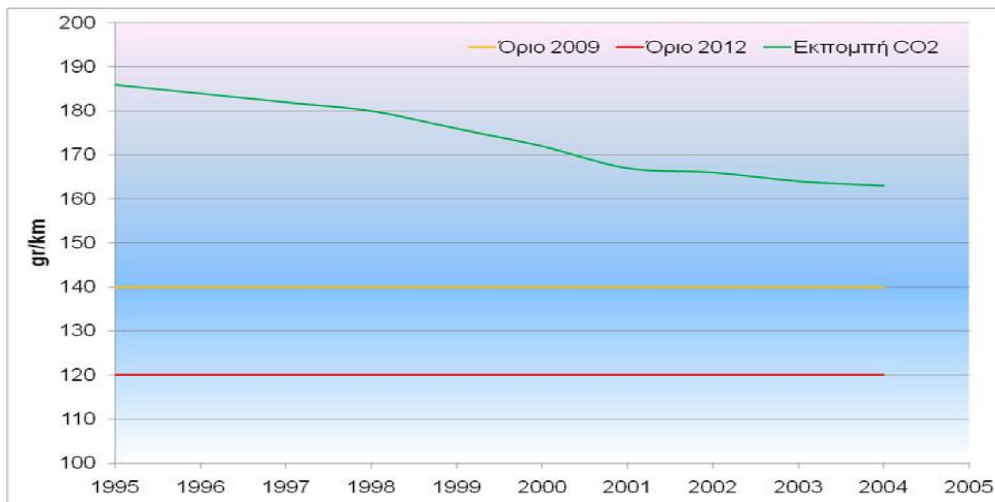
- ❖ οδηγία 74/290/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 28ης Μαΐου 1974, πρώτη μείωση στις οριακές τιμές των εκπομπών μονοξειδίου του άνθρακα και άκαυστων υδρογονανθράκων.
- ❖ οδηγία 77/102/ΕΟΚ της Επιτροπής της 30ης Νοεμβρίου 1976, εισαγωγή οριακών τιμών και για τις επιτρεπόμενες εκπομπές οξειδίων του αζώτου.
- ❖ οδηγία 78/665/ΕΟΚ της Επιτροπής της 14ης Ιουλίου 1978, μείωση για τις οριακές τιμές για τους τρεις αυτούς ρύπους.
- ❖ οδηγία 83/351/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 16ης Ιουνίου 1983, επόμενη μείωση στις οριακές τιμές.

- ❖ οδηγία 88/76/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 3ης Δεκεμβρίου 1987, επιπλέον μείωση των προηγούμενων δυο οδηγιών.
- ❖ οδηγία 88/436/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 16ης Ιουνίου 1988, καθορισμός οριακών τιμών για την εκπομπή ρυπογόνων σωματιδίων στους κινητήρες ντίζελ.
- ❖ οδηγία 89/458/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 18ης Ιουλίου 1989, θεσπίστηκαν αυστηρότερα ευρωπαϊκά πρότυπα για τις εκπομπές ρύπων για οχήματα με κινητήρα κάτω των 1400 κυβικών εκατοστών.
- ❖ οδηγία 91/441/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 26ης Ιουνίου 1991, θεσπίστηκαν απαιτήσεις σχετικά με τις εκπομπές από εξάτμιση καθώς και αυστηρότερα πρότυπα για τα ρυπογόνα σωματίδια που εκπέμπονται από κινητήρες ντίζελ. Διαδοχικά η Ευρωπαϊκή Ένωση δημοσιεύει τις παρακάτω οδηγίες θεσπίζοντας ακόμα αυστηρότερες οριακές τιμές για όλους του ρύπους των επιβατηγών οχημάτων:
- ❖ οδηγία 94/12/ΕΚ του Συμβουλίου της 23ης Μαρτίου 1994.
- ❖ οδηγία 96/69/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 8<sup>ης</sup> Οκτωβρίου 1996.
- ❖ οδηγία 96/69/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 13<sup>ης</sup> Οκτωβρίου 1998.
- ❖ οδηγία 99/102/ΕΚ της Επιτροπής της 15ης Δεκεμβρίου 1999.
- ❖ οδηγία 2001/1/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 22ας Ιανουαρίου 2001.
- ❖ οδηγία 2001/100/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 7ης Δεκεμβρίου 2001

## 2.3 Διαφοροποίηση των ορίων εκπομπής ρύπων στην ΕΕ

Από το 1998 η ευρωπαϊκή ένωση κατασκευαστών αυτοκινήτων (ACEA), έχει συμφωνήσει με την ευρωπαϊκή επιτροπή για τη μείωση της μέσης τιμής των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα για τα καινούργια αυτοκίνητα στα 140 gr/km μέχρι το 2008/09 και στα 120 gr/km το 2012. Αντίστοιχες συμφωνίες έχουν υπογράψει και οι ενώσεις των Ιαπώνων (JAMA) και των Κορεατών (KAMA) κατασκευαστών.[10]

Η ACEA είχε δεσμευτεί για ενδιάμεσους στόχους μείωσης των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα για τα καινούργια οχήματα από 185 gr/km το 1995 σε 174 gr/km το 1999 και σε 169 gr/km το 2000. Αυτή είναι και η αιτία που τα τελευταία χρόνια οι κατασκευαστές παράγουν κινητήρες μικρής χωρητικότητας με υπερσυμπιεστές και προσφέρουν πλέον όλα τα μοντέλα με κινητήρες πετρελαίου. Αυτοί οι στόχοι σχεδόν έχουν επιτευχθεί. Για τα βενζινοκίνητα το 2001, που εκπροσωπούσαν το 64% των πωλήσεων νέων αυτοκινήτων, η μέση τιμή έπεσε στο 172 gr/km από τα 177 το 2000. Για τα πετρελαιοκίνητα, στα οποία αναλογεί το 36% των πωλήσεων για το 2001, η τιμή ήταν 153 gr/km από 157 το 2000. Από το 1995 μέχρι το 2001 η μείωση έφτασε το 8,5% για τα βενζινοκίνητα και το 13,1% για τα πετρελαιοκίνητα. Τα αντίστοιχα όρια για το συνολικό μέσο όρο εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) για τα επιβατικά αυτοκίνητα (βενζινοκίνητα και ντιζελοκίνητα), καθορίστηκαν στα 140 gr/km μέχρι το 2008/2009 (Euro 5) και στα 120 gr/km, για το 2012. Στο διάγραμμα 2.2 παρουσιάζεται η πρόοδος που έχει επιτευχθεί από τη μεριά των κατασκευαστών αυτοκινήτων την τελευταία δεκαετία, σε σχέση με τους κοινοτικούς στόχους.



**Διάγραμμα 2.2.:** Μέσος όρος εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) των επιβατικών αυτοκινήτων, στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Η μείωση που σημειώθηκε στο εν λόγω διάστημα αγγίζει το 12% και δείχνει την ικανοποιητική ανταπόκριση της αυτοκινητοβιομηχανίας στη προσπάθεια για τον περιορισμό των εκπομπών CO<sub>2</sub>.

## 2.4 Ισχύουσα νομοθεσία

Από την 1η Σεπτεμβρίου 2009 το πρότυπο το οποίο ισχύει για τα επιβατικά οχήματα και τα ελαφρά φορτηγά είναι το Euro 5 ενώ από την 1η Σεπτεμβρίου 2014 θα ισχύσει το Euro 6. Για το Euro 5 οι προδιαγραφές έχουν ως εξής :

Εκπομπές προερχόμενες από οχήματα ντίζελ:

- ❖ μονοξείδιο του άνθρακα: 500 mg/km
- ❖ σωματίδια: 5 mg/km (δηλαδή μείωση των εκπομπών κατά 80% σε σχέση με το πρότυπο Euro 4)
- ❖ οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>): 180 mg/km (δηλαδή μείωση των εκπομπών κατά περισσότερο από 20% σε σχέση με το πρότυπο Euro 4)
- ❖ συνδυασμένες εκπομπές υδρογονανθράκων και οξειδίου του αζώτου: 230 mg/km.

Εκπομπές προερχόμενες από βενζινοκίνητα οχήματα ή οχήματα που λειτουργούν με φυσικό αέριο ή υγραέριο:

- ❖ μονοξείδιο του άνθρακα: 1.000 mg/km
- ❖ υδρογονάνθρακες πλην του μεθανίου: 68 mg/km
- ❖ συνολικοί υδρογονάνθρακες: 100 mg/km
- ❖ οξείδια του αζώτου (Nox): 60 mg/km (δηλαδή μείωση κατά 25% των εκπομπών σε σχέση με το πρότυπο Euro 4)
- ❖ σωματίδια (μόνο για τα βενζινοκίνητα οχήματα με απευθείας έγχυση, που λειτουργούν με καύση πτωχού μείγματος): 5 mg/km (θέσπιση οριακής τιμής που δεν υπήρχε σύμφωνα με το πρότυπο Euro 4).

## 2.5 Περιορισμοί εκπομπών ρύπων για μοτοσικλέτες

Παρόλο που στην Ευρώπη ο κανονισμός εκπομπών EURO 5 έχει ήδη τεθεί σε ισχύ, τα δίτροχα οχήματα, όπως τα μοτοποδήλατα, σκούτερ και μοτοσικλέτες, δεν είχαν συμπεριληφθεί σε αυτές τις απαιτήσεις. Μέχρι σήμερα, όλες οι μοτοσικλέτες που πωλούνται στην Ευρώπη πρέπει να πληρούν τα λιγότερο αυστηρά EURO 3 πρότυπα. Σύμφωνα όμως με προαναγγελία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και της Association des Constructeurs Europeens de Motocycles (ACEM) αυτό πρόκειται να αλλάξει, αφού δόθηκε πρόταση στις βιομηχανίες κατασκευαστών που εξηγείται ότι θα πρέπει να γίνει μετάβαση από το EURO 4 το 2012 στο EURO 5 έως το 2015.[11]

Η ACEM επισημαίνει πως η μετάβαση από το EURO 3 στο EURO 5 θα μειώσει τις συνολικές εκπομπές ρύπων της μοτοσικλέτας περίπου κατά 50%. Τα πρότυπα του EURO 5 για τις μοτοσικλέτες θα αντιστοιχούν σε εκείνες των επιβατικών αυτοκινήτων. Αυτή η μετάβαση θα καλύψει την βιομηχανία μοτοσικλέτας μέχρι το 2020, όπου τότε εικάζεται θα ισχύσουν ακόμη πιο αυστηροί κανονισμοί.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΚΥΚΛΟΙ ΟΔΗΓΗΣΗΣ

### 3.1 Κύκλοι οδήγησης

Κύκλος οδήγησης είναι μια σειρά δεδομένων που αντιπροσωπεύουν την ταχύτητα ενός οχήματος σε σχέση με το χρόνο. Πρόκειται για ειδικές δοκιμές οι οποίες γίνονται σε δυναμομετρική εξέδρα, με σκοπό την έγκριση τύπου των οχημάτων βάσει τις εκάστοτε προδιαγραφές ρύπων.

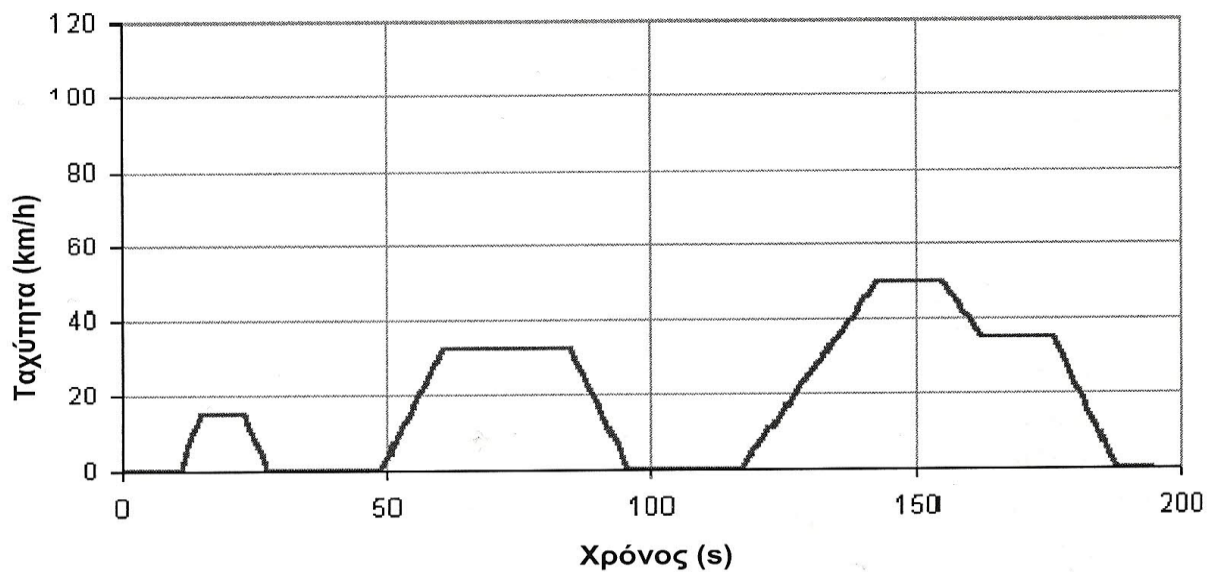
Οι κύκλοι οδήγησης δημιουργούνται από διαφορετικές χώρες και οργανισμούς για την αξιολόγηση της απόδοσης των οχημάτων με διάφορους τρόπους, όπως για παράδειγμα της κατανάλωσης των καυσίμων και τις εκπομπές ρύπων.

### 3.2 Κατηγορίες κύκλων οδήγησης

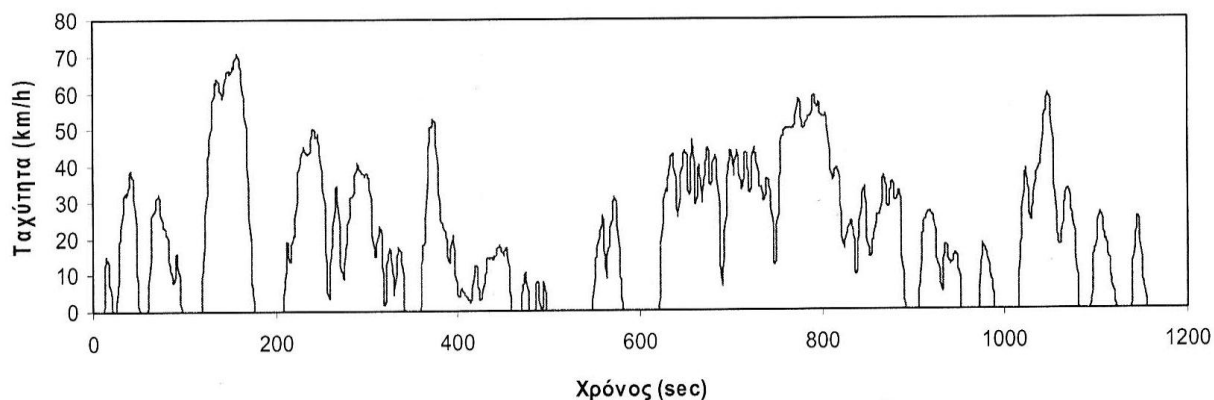
Οι κύκλοι οδήγησης χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες ανάλογα με την χρήση που προορίζονται.

Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τους κύκλους που χρησιμοποιούνται για την έγκριση τύπου των οχημάτων (Legislative). Τέτοιοι κύκλοι χρησιμοποιούνται στην Ευρώπη (Ευρωπαϊκός κύκλος οδήγησης, EDC), στην Αμερική (FTP-75, Unified LA-92) και στην Ιαπωνία (Japan 10-15 mode).

Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει κύκλους οδήγησης που εκπονούνται κυρίως για ερευνητικό σκοπό. Χρησιμοποιούνται δεδομένα από πραγματικές συνθήκες κίνησης και για το λόγο αυτό ονομάζονται “Real World”. Η χρήση τους περιλαμβάνει τον υπολογισμό εκπομπών ρύπων και κατανάλωσης καυσίμου. Οι κύκλοι οδήγησης αυτού του είδους αναπτύσσονται από ιδρύματα όπως είναι το ινστιτούτο μεταφορών INRETS της Γαλλίας, ή πανεπιστημιακά ιδρύματα. Εκτός τους «πραγματικούς» κύκλους οδήγησης υπάρχουν και οι «modal», οι οποίοι κατασκευάζονται βάσει σταθερών επιταχύνσεων, ταχυτήτων κίνησης και επιβραδύνσεων. Τέτοιοι κύκλοι είναι συνήθως αυτοί που χρησιμοποιούνται για την έγκριση τύπου (διάγραμμα 3.1)



**Διάγραμμα 3.1:** Modal κύκλος οδήγησης (ECE-15)



**Διάγραμμα 3.2:** Real world κύκλος οδήγησης[8]

### 3.3 Μέθοδοι δειγματοληψίας δεδομένων κίνησης

Για τη δημιουργία κύκλων οδήγησης χρειάζονται δεδομένα κίνησης από οχήματα κατάλληλα να διεκπεραιώσουν αυτό το σκοπό. Ο τρόπος που ενδείκνυται είναι με εξοπλισμένο όχημα καταγραφής των παραμέτρων κίνησης του. Έπειτα πρέπει να επιλεγεί ο κατάλληλος τρόπος κίνησης του οχήματος προκειμένου οι καταγραφές να είναι αντικειμενικές και αντιπροσωπευτικές του τρόπου κίνησης της πλειοψηφίας των

κινούμενων οχημάτων στο πεδίο της δειγματοληψίας. Για το λόγο αυτό έχουν επινοηθεί από ερευνητές και ειδικούς μια σειρά από τεχνικές για τον τρόπο κίνησης των οχημάτων δοκιμών[12] και παρουσιάζονται παρακάτω.

➤ Η τεχνική οδήγησης chase car η οποία αναπτύχθηκε στην Αμερική από την Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής και την General Motors (GM), χρησιμοποιείται ευρύτατα από τους ερευνητές του είδους. Η συγκεκριμένη τεχνική χαρακτηρίζεται από δύο αρχές [13]:  
Σύμφωνα με την πρώτη αρχή το όχημα δοκιμών ακολουθεί κάποιο άλλο όχημα παρόμοιων χαρακτηριστικών προσπαθώντας να αντιγράψει την κίνησή του (εναλλαγές ταχύτητας, επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις) από το ξεκίνημα αυτής μέχρι

το τέλος.

Η δεύτερη αρχή, έρχεται να συμπληρώσει την πρώτη όπου σε περίπτωση που δεν υπάρχει συγκεκριμένο όχημα που να αποτελεί τον στόχο για αντιγραφή της κίνησης η τακτική που ακολουθείται είναι, οδήγηση ακολουθώντας τη γενική ροή των οχημάτων αποφεύγοντας τα πολύ αργά και πολύ γρήγορα κινούμενα οχήματα.

- Συλλογή δεδομένων κίνησης μπορεί επίσης να επιτευχθεί μέσω κατάλληλα εξοπλισμένων ιδιωτικών οχημάτων τα οποία χρησιμοποιούνται από τους ιδιοκτήτες τους για τις καθημερινές τους διαδρομές. Η μέθοδος αυτή έχει εφαρμοστεί στο πρόσφατο παρελθόν σε μεγάλο αριθμό ιδιωτικών οχημάτων.
- Τα οχήματα δοκιμών μπορούν να οδηγούνται από επαγγελματίες οδηγούς που γνωρίζουν το σκοπό της έρευνας και μπορούν να ανταποκριθούν στις ανάγκες των μετρήσεων.
- Τέλος μετρήσεις μπορούν να γίνουν με εξοπλισμένο αυτοκίνητο το οποίο οδηγούν πολλοί διαφορετικοί οδηγοί. Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της συμπεριφοράς διαφορετικών οδηγών στο δρόμο.



### 3.4 Χαρακτηριστικά Κύκλου Οδήγησης

Το χρησιμοποιούμενο μαθηματικό μοντέλο επιτρέπει την εξέταση του κύκλου οδήγησης, αποκλειστικά από τον προσδιορισμό τριών παραμέτρων και αυτές είναι:

- Η μέση ταχύτητα ( $v_{μέση}$ ),
- Ο λόγος ταχυτήτων ( $\Lambda$ )
- Η χαρακτηριστική επιτάχυνση ( $\alpha$ ).

Η περιγραφή του κύκλου οδήγησης μέσω των τριών αυτών παραμέτρων προσφέρει ένα βασικό πλεονέκτημα. Ο υπολογισμός τους γίνεται απευθείας από το διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου ή της συνάρτησης εφόσον αυτή είναι γνωστή και δεν απαιτείται σε κανένα σημείο ο υπολογισμός δεδομένων επιτάχυνσης για την ποσοτικοποίηση του κύκλου οδήγησης.

#### Μέση Ταχύτητα

Η Μέση Ταχύτητα είναι το βασικότερο χαρακτηριστικό ενός κύκλου οδήγησης. Περιγράφει πόσο γρήγορα ολοκληρώνει τη διαδρομή του ένα όχημα και ορίζεται ως:

$$v_{μέση} = 1/T \int v dt \quad (3.1)$$

Όπου  $T$  είναι η συνολική διάρκεια του ταξιδιού (διάρκεια κύκλου οδήγησης).

#### Λόγος Ταχυτήτων

Ο όρος αυτός εκφράζει το εύρος των ταχυτήτων του οχήματος κατά τη διάρκεια της διαδρομής του, χωρίς όμως να περιέχει πληροφορίες σχετικά με τον ρυθμό με τον οποίο μεταβάλλεται η ταχύτητα του. Μία διαδρομή η οποία περιλαμβάνει τόσο περιόδους χαμηλών ταχυτήτων, που αντιστοιχούν σε οδήγηση εντός πόλεως, όσο και περιόδους υψηλής ταχύτητας, (οδήγηση σε αυτοκινητόδρομο), θα έχει υψηλή τιμή λόγου ταχυτήτων. Η μικρότερη δυνατή τιμή για το λόγο ταχυτήτων είναι η μονάδα, που αντιστοιχεί σε σταθερή ταχύτητα οδήγησης. Ορίζεται ως:

Καταγραφή των χαρακτηριστικών κίνησης για την δημιουργία κύκλου οδήγησης στην πόλη του Ηρακλείου. Εμμανουήλ Παπαδάκης

$$\Lambda = v_{\text{rpmc}} / v_{\text{μεση}} \quad (3.2)$$

Όπου  $v_{\text{rpmc}}$  είναι η μέση κυβική ταχύτητα.

### Χαρακτηριστική Επιτάχυνση

Ο όρος αυτός εκφράζει τον ρυθμό με τον οποίο μεταβάλλεται η ταχύτητα του οχήματος κατά τη διάρκεια της διαδρομής του, χωρίς όμως να προσφέρει πληροφορίες σχετικά με το εύρος των ταχυτήτων με τις οποίες κινείται το όχημα. Η μικρότερη δυνατή τιμή για τη χαρακτηριστική επιτάχυνση είναι το μηδέν και αντιστοιχεί σε σταθερή ταχύτητα οδήγησης. Ορίζεται ως:

$$\alpha = \frac{1}{2} \sum (v_{\text{τελική}}^2 - v_{\text{αρχική}}^2) / v_{\text{μεση}} T \quad (3.3)$$

Ο Κύκλος Οδήγησης που χρησιμοποιείται στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, για τα επιβατικά οχήματα και τα ελαφρά φορτηγά, αποτελείται από τέσσερα τμήματα του ECE-15 (επίσης γνωστός και ως Αστικός Κύκλος Οδήγησης) και τον Υπεραστικό Κύκλο Οδήγησης (EUDC). Ο συνδυασμός αυτός είναι γνωστός από το 2000 ως Ευρωπαϊκός Κύκλος Οδήγησης (NEDC), αφού τροποποιήθηκε προκειμένου να περιγράφει τη ψυχρή εκκίνηση (η διαδικασία μέτρησης εκπομπών ξεκινά την ίδια στιγμή με τη μηχανή).

Το αστικό κομμάτι του NEDC είναι αντιπροσωπευτικό των συνθηκών οδήγησης σε μία τυπική Ευρωπαϊκή πόλη όπως το Παρίσι και η Ρώμη, ενώ το υπεραστικό κομμάτι εξομοιώνει οδήγηση σε υψηλές ταχύτητες και εισέρχεται σε εφαρμογή αμέσως μετά τη τέταρτη επανάληψη του αστικού κομματιού.

Ο Ευρωπαϊκός Κύκλος Οδήγησης δίνει πληροφορίες για τη λειτουργία του οχήματος σε υψηλές ταχύτητες και μια συνολική εκτίμηση των εκπεμπόμενων ρύπων. Παρόλα αυτά, υπάρχει μικρή συσχέτιση με τις πραγματικές συνθήκες και τρόπους οδήγησης γεγονός που επηρεάζει τα αποτελέσματα στην κατανάλωση και στις εκπομπές. Οι διαφορές της Αθήνας με τις υπόλοιπες Ευρωπαϊκές πόλεις ως προς τις υποδομές το οδικό δίκτυο και το σύστημα

δημοσίων μεταφορών είναι σημαντικές, καταδεικνύοντας την ανάγκη ανάπτυξης ενός πιο αντιπροσωπευτικού κύκλου οδήγησης για την ακριβέστερη εκτίμηση των εκπομπών και της κατανάλωσης.

Για το λόγο αυτό, αναπτύχθηκε ο Αθηναϊκός Κύκλος Οδήγησης (Athens Driving Cycle, ADC), ο οποίος βασίζεται σε πειραματικά δεδομένα οδήγησης τα οποία συλλέχθηκαν από διάφορες περιοχές της Αττικής, επτά ημέρες την εβδομάδα από τις 6.00 έως τις 24.00. Η κατανάλωση καυσίμου στον ADC παρουσιάζει αύξηση από 56% έως 79% σε σύγκριση με τον NEDC.

### 3.5 Χαρακτηριστικά μεγέθη για την επεξεργασία

Διάφοροι ερευνητές θεωρούν σημαντικές κάποιες παραμέτρους που πρέπει να υπολογιστούν και να υποστούν στατιστική επεξεργασία για το καλύτερο επιθυμητό αποτέλεσμα όσον αφορά το βαθμό στον οποίο ο τελικός κύκλος οδήγησης θα είναι αντιπροσωπευτικός.

Από τους Kruse και Huils το 1973, που επέλεξαν μέσα από 6 διαδρομές την αντιπροσωπευτικότερη με βάση το χρόνο σε στάση, τη μέση ταχύτητα, τη μέγιστη ταχύτητα και το μέσο αριθμό των στάσεων, μέχρι τον Πίτσα το 2003 προστέθηκαν ή αφαιρέθηκαν διάφορες σημαντική παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν από τους ερευνητές [14].

Οι βασικότερες παράμετροι κατά τους Kuhler και Karstens ήταν [15]:

- η μέση ταχύτητα,
- η μέση ταχύτητα χωρίς στάσεις,
- η συνολική μέση επιτάχυνση,
- η συνολική μέση επιβράδυνση,
- η μέση διάρκεια της περιόδου κίνησης,
- ο μέσος όρος των εναλλαγών επιτάχυνσης-επιβράδυνσης,
- το ποσοστό του χρόνου σε στάση,
- το ποσοστό του χρόνου σε επιτάχυνση,
- το ποσοστό του χρόνου σε επιβράδυνση και
- το ποσοστό του χρόνου σε σταθερή ταχύτητα

Αρκετά αργότερα, από το 1996, υπήρξαν αρκετοί που αναθεώρησαν, επανεξέτασαν και εισήγαγαν νέες παραμέτρους. Σύμφωνα με τον Andre οι πιο σημαντικές παράμετροι είναι [16]:

- η διάρκεια του κύκλου,
- η μέση ταχύτητα,
- η τυπική απόκλιση της επιτάχυνσης,
- η θετική κινητική ενέργεια,
- το ποσοστό χρόνου σε στάση,
- ο αριθμός των στάσεων ανά χιλιόμετρο,
- η μέση ταχύτητα χωρίς στάσης,
- η μέση επιτάχυνση,
- η μέση επιβράδυνση,
- η μέση διάρκεια των περιόδων κίνησης,
- ο μέσος αριθμός εναλλαγών επιτάχυνσης-επιβράδυνσης,
- η κατανομή της ταχύτητας,
- η κατανομή της επιτάχυνσης και
- η κατανομή της επιβράδυνσης.

Αργότερα χρησιμοποιήθηκαν κι άλλες παράμετροι όπως η ισχύς [16] και παράμετροι όπως είναι οι διακυμάνσεις της ταχύτητας, η σχετική θετική επιτάχυνση (RPA) το ολοκλήρωμα του τετραγώνου της επιτάχυνσης (IS: Integral Square)[18,19], και το άθροισμα των τετραγώνων της επιτάχυνσης που σύμφωνα με την E. Ericsson, στις οποίες κατέληξε μεταξύ άλλων, χρησιμοποιώντας πρόγραμμα παραγοντικής ανάλυσης (factorial analysis) SPSS.

Τέλος, ο Κ. Πίτσας το 2003 συνυπολογίζοντας την κλίση των οδών στην εκπόνηση του κύκλου οδήγησης εισήγαγε την έννοια της επιτάχυνσης του οχήματος σε οδούς με κλίση («επιτάχυνση») και την «RPA» που επίσης ενσωματώνει την κλίση των οδών και υπολογίζεται αντίστοιχα από την «επιτάχυνση».[20]

Η σχέση που δίνει την RPA είναι:

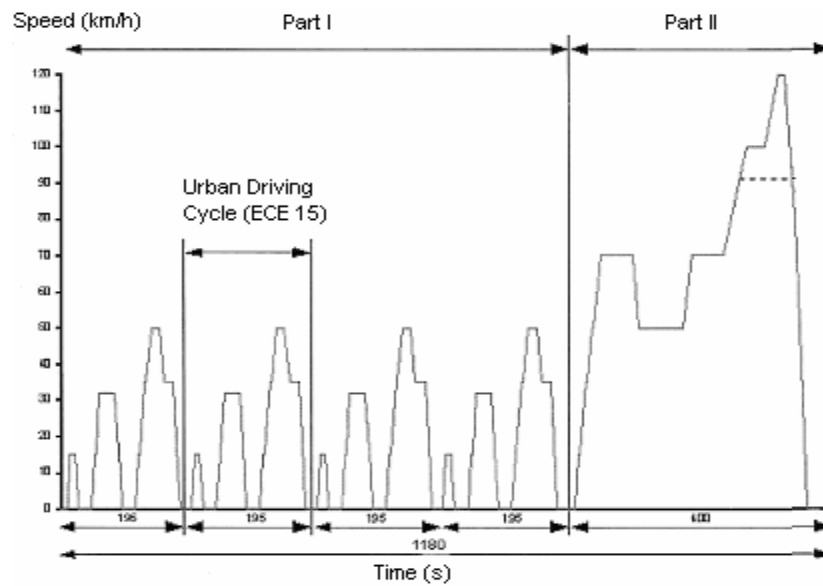
$$RPA = (1/x) \cdot \int ai + vi dt \quad (3.4)$$

Όπου:  $X$  η διανυθείσα απόσταση,  $ai +$  η θετική μεταβολή στην ταχύτητα (επιτάχυνση) και  $vi$  η ταχύτητα του οχήματος Ένα ακόμη μέγεθος που είναι χαρακτηριστικό των κύκλων οδήγησης είναι το άθροισμα των τετραγώνων της επιτάχυνσης.

Υπολογίζεται ως εξής:  $(1/n) \cdot \sum ai^2$  4.2 Όπου  $n$  είναι το πλήθος των σημείων που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό και  $ai$  είναι η στιγμιαία επιτάχυνση.

### 3.6 Μεθοδολογία για μέτρηση εκπομπών και κατανάλωσης μέσω κύκλων οδήγησης

Για την αξιολόγηση οχημάτων αναφορικά με τις εκπομπές ρύπων και την κατανάλωση καυσίμου χρησιμοποιείται η μέθοδος ολικής δειγματοληψίας και ανάλυσης καυσαερίων. Κατά τη μέθοδο αυτή το εξεταζόμενο όχημα οδηγείται εντός εργαστηρίου σε ειδική εξέδρα προσομοίωσης της κίνησης στον δρόμο (πέδη οχημάτων). Η πέδη οχημάτων προσομοιώνει τόσο τις αεροδυναμικές αντιστάσεις και τις αντιστάσεις τριβής όσο και την αδράνεια του οχήματος με ηλεκτρικά και μηχανικά μέσα. Η ταχύτητα του οχήματος κατά τη δοκιμή ακολουθεί προκαθορισμένη χρονική εξέλιξη που ονομάζεται κύκλος οδήγησης. Για τη χορήγηση έγκρισης τύπου σε οχήματα εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης ο κύκλος οδήγησης που χρησιμοποιείται είναι ο Νέος Ευρωπαϊκός Κύκλος Οδήγησης (NEDC). Ο NEDC διακρίνεται στο αστικό (UDC) και το υπεραστικό (EUDC) τμήμα. Κατά τη διάρκεια της μέτρησης συλλέγεται σε σάκους δείγμα αραιωμένου καυσαερίου με σταθερό ρυθμό δειγματοληψίας. Στο τέλος της μέτρησης το δείγμα αναλύεται και προκύπτουν οι συνολικές τιμές των εκπομπών σε g/km.

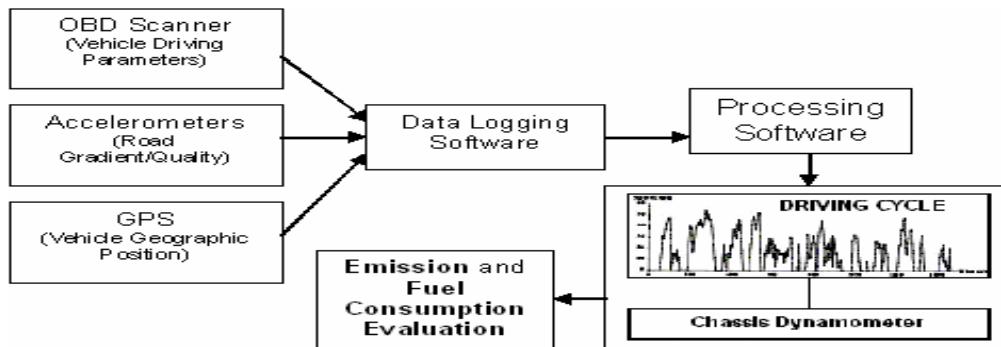


*Διάγραμμα 3.3: Διάγραμμα Κύκλων Οδήγησης*

Κύριος στόχος των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν ήταν η ποσοτικοποίηση των εκπομπών αερίων ρύπων του οχήματος, όχι μόνο στις συνθήκες οδήγησης που εφαρμόζονται κατά τη δοκιμή έγκρισης τύπου αλλά και σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν οι κύκλοι οδήγησης Artemis που δημιουργήθηκαν στα πλαίσια του ομώνυμου ερευνητικού προγράμματος.

Το συνολικό πρωτόκολλο μέτρησης περιελάμβανε έναν NEDC ψυχρής εκκίνησης, έναν UDC θερμής εκκίνησης και ακολούθως τους τρεις μη νομοθετημένους κύκλους. Για το συγκεκριμένο όχημα, η μάζα αναφοράς που χρησιμοποιείται κατά τη δοκιμή έγκρισης τύπου διαφέρει στη δοκιμή μέτρησης των εκπομπών αερίων ρύπων από τη δοκιμή μέτρησης της κατανάλωσης καυσίμου.

Στις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκε μόνο μια μάζα αναφοράς (163kg), η οποία αντιστοιχεί στη μάζα αναφοράς που προβλέπεται από τη νομοθεσία βάσει του δηλωθέντος βάρους του οχήματος.



*Διάγραμμα 3.4: Διάγραμμα ροής δημιουργίας Κ.Ο. [20]*

### 3.7 Κύκλοι οδήγησης για δίκυκλα

Στην Ευρώπη αλλά και στην Ασία, υπάρχουν αρκετές χώρες όπου τα δίκυκλα αποτελούν ένα σημαντικό μέρος από το μηχανοκίνητο στόλο. Μία τέτοια χώρα είναι και η Ελλάδα όπου παρόλο που σε πληθυσμό βρίσκεται σε χαμηλές θέσεις είναι η τρίτη σημαντικότερη αγορά στα δίκυκλα. Οι Weilenmann και Novak κάνοντας σύγκριση ανάμεσα στις εκπομπές αυτοκινήτων και μοτοσικλετών χρησιμοποιούν τον ARTEMIS που όπως έχει ήδη αναφερθεί έχει προκύψει από το ομώνυμο ερευνητικό πρόγραμμα.

Παρόλα αυτά, αναφέρουν ότι μόνο για τις μοτοσικλέτες χρησιμοποίησαν τους κύκλους FHB και τον WMTC (Worldwide Harmonized Motorcycles Emissions Certification Procedure) που αναπτύχθηκε για να αντικαταστήσει διάφορους υπάρχοντες κύκλους για έγκριση τύπου μοτοσικλετών [21]. Η ανάπτυξη κύκλων οδήγησης είναι πιο δημοφιλής στις ασιατικές χώρες και είναι φυσικό από το μεγάλο στόλο που διαθέτουν οπότε και οι εκπομπές παίζουν σημαντικό ρόλο στην ποιότητα του αέρα των εκεί πόλεων. Δύο παραδείγματα είναι ο Κύκλος οδήγησης για την Μπανγκόκ [22] και για την Ταϊβάν, ο Chen και άλλοι από κοινού δημιούργησαν πέντε κύκλους οδήγησης για διαφορετικές περιοχές με αφενός αστικό και αφετέρου υπεραστικό χαρακτήρα [23].

### 3.8 Κύκλοι οδήγησης μοτοσικλέτας ανά τον κόσμο

#### Κύκλος οδήγησης Bangkok:

Ο Sukanya Tamsanya ήταν αυτός ο οποίος ανέπτυξε τον κύκλο οδήγησης για την πόλη της Bangkok. Η μεθοδολογία που χρησιμοποίησε αναλύεται παρακάτω.

Ο κύκλος οδήγησης για την πόλη συνήθως καθορίζεται από τα δεδομένα κίνησης που εμφανίζονται κατά μήκος των οδικών αξόνων των οχημάτων αυτών. Ο αριθμός αυτών των πιθανών διαδρομών είναι αδύνατον να διεξαχθεί με πραγματικές μετρήσεις της ταχύτητας του οχήματος στο σύνολο οδικών αξόνων. Ένας πιθανός τρόπος για να επιλυθεί αυτό το πρόβλημα είναι να επιλεγεί ένας αριθμός οδικών αξόνων που μπορεί να αντιπροσωπεύσει τις κυρίαρχες συνθήκες κυκλοφορίας σε όλη την πόλη. Ωστόσο, η έρευνα υπόκειται σε λεπτομερή μελέτη σχετικά με το πώς θα επιλεγθούν οι κατάλληλες οδικές διαδρομές για τη συλλογή πραγματικών δεδομένων. Οι περισσότερες οδικές διαδρομές επιλέγονται βάσει των αποφάσεων των ερευνητών ότι τα δρομολόγια αυτά θα καλύψουν τις συνθήκες οδήγησης από το ένα άκρο της πόλης στο άλλο πέρασμα μέσα από την περιοχή στο κέντρο της πόλης. Αυτή η μελέτη σκοπεύει να προτείνει μια μεθοδολογία για την επιλογή διαδρομής δρόμο, έτσι ώστε το όχημα να οδηγείται κατά μήκος αυτών των χαρακτηριστικών επιλεγμένων διαδρομών που θα αντιπροσωπεύουν τις πραγματικές συνθήκες κυκλοφορίας για τα περισσότερα οχήματα που ταξιδεύουν στην πόλη. Για να επιλεγθούν τα ταξίδια οδικών αξόνων που μπορεί να αντιπροσωπεύουν καλύτερα την πραγματική κίνηση, οι πραγματικές καταστάσεις συμβαίνουν κατά μήκος κάθε εθνικής οδού.

Η ταχύτητα είναι μία παράμετρος που καθορίζεται από τα δεδομένα της ροής κυκλοφορίας των οχημάτων με τη χρήση της κυκλοφορίας μοντέλο ροής που εισήγαγε Greenshield [24]. Τα δεδομένα της κυκλοφοριακής ροής περιλαμβάνουν τη συλλογή του αριθμού των οχημάτων που διέρχονται πάνω από τμήματα του οδικού δικτύου κατά μήκος των κύριων δρόμων κατά τη διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος σε επιθυμητό χρόνο περιόδους της ημέρας.

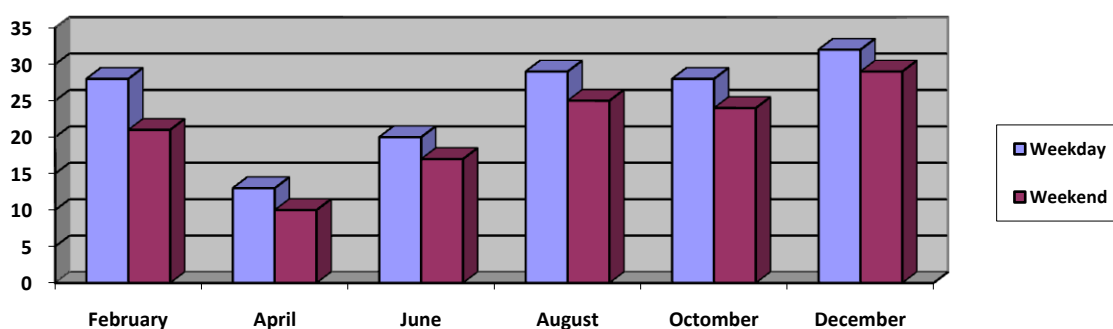
Η συλλογή των δεδομένων συνήθως διεξάγεται από τις αρχές της κυκλοφορίας στις περισσότερες μεγάλες πόλεις. Το πρώτο βήμα στην επιλογή οδική διαδρομή ξεκινά με την ανάλυση των εν λόγω δεδομένων της κυκλοφοριακής ροής. Από τα διαθέσιμα δεδομένα Καταγραφή των χαρακτηριστικών κίνησης για την δημιουργία κύκλου οδήγησης στην πόλη του Ηρακλείου. Εμμανουήλ Παπαδάκης



ροής του οχήματος, ένα κυκλοφοριακό μοντέλο ροής, εφαρμόζεται για τον προσδιορισμό της ταχύτητας κίνησης των αυτοκινήτων κατά μήκος του κάθε τμήματος της εξεταζόμενης διαδρομής μεγάλων οδικών αξόνων. Επιπλέον, η μέση ταχύτητα για κάθε κύρια οδική διαδρομή μπορεί να υπολογιστεί από τις ταχύτητες των αντίστοιχων του τμήματα του οδικού δικτύου. Και τελικά, από το μέσο όρο των ταχυτήτων των ολόκληρων τμημάτων δρόμου, η μέση ταχύτητα των οχημάτων που οδεύουν στην πόλη μπορεί να προσδιοριστεί.

Η παραπάνω περιγραφόμενη μέθοδος εφαρμόζεται στα δεδομένα που συλλέγονται για την ροή της κυκλοφορίας κατά μήκος των 20 βασικών οδικών αξόνων στην Μπανγκόκ.

Η συλλογή των δεδομένων εκτελέστηκε χρησιμοποιώντας ένα πραγματικό χρόνο καταγραφής με εξοπλισμένο σύστημα σε ένα επιλεγμένο sedan που ταξιδεύει κατά μήκος της διαδρομής κάτω από πραγματική κίνηση. Το επιλεγμένο όχημα ήταν ένα Toyota Corolla του έτους 1993, βενζινοκινητήρα, με μηχανικό κιβώτιο ταχυτήτων χωρητικότητα 1,6 λίτρων. Το όχημα οδηγήθηκε μετά από το χρονοδιάγραμμα που ορίζεται κατά μήκος των επτά δρομολογίων που επιλέχθηκαν. Η ταχύτητα του χρόνου-δεδομένα σε αυτή τη μελέτη συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια της περιόδου αιχμής το πρωί μεταξύ 7:00 πμ και 09:00 πμ από το Νοέμβριο μέχρι Δεκέμβριο του 2003. Η περίοδος αιχμής το πρωί παρατηρήθηκε να έχει το μεγαλύτερο όγκο της κυκλοφορίας πέρα από την χωρητικότητα του οδικού δικτύου στην Μπανγκόκ [25]. Το αποτέλεσμα είναι να έχουν καταγραφεί τα υψηλότερα επίπεδα εκπομπών καυσαερίων και κατανάλωση καυσίμων που αναφέρθηκαν κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου.



*Διάγραμμα 3.5: Μεταβολή της μέσης συγκέντρωσης βενζολίου καθημερινά και το σαββατοκύριακο, από τον Ιανουάριο έως τον Δεκέμβριο 2000 στο Din Daeng δρόμο.[26]*

### Κύκλος οδήγησης Ταϊpei[27]:

Ο Chung Hsiao ανέπτυξε τον κύκλο οδήγησης για την πόλη της Ταϊpei. Αυτή η μελέτη προτείνει μια μεθοδολογία για την ανάπτυξη ενός κύκλου οδήγησης για τις εκπομπές και την οικονομία καυσίμου. Μετά τη συλλογή των δεδομένων για τον κύκλο οδήγησης στην μητροπολιτική περιοχή Ταϊπέι με τυχαία τεχνική προέλευσης-προορισμού, η μελέτη αναπτύσσει μια Automobile Ταϊπέι Κύκλου Οδήγησης (TADC) ως εκπρόσωπος του κύκλου οδήγησης για αυτοκίνητα και μια μοτοσικλέτα Ταϊπέι Κύκλου Οδήγησης (TMDC) ως εκπρόσωπος κύκλου οδήγησης για μοτοσικλέτες. Τα χαρακτηριστικά του TADC και TMDC είναι τόσο υψηλή μέση επιτάχυνση και επιβράδυνση, υψηλή επιτάχυνση-επιβράδυνση αλλαγές και με χαμηλή ταχύτητα κατά μέσο όρο.

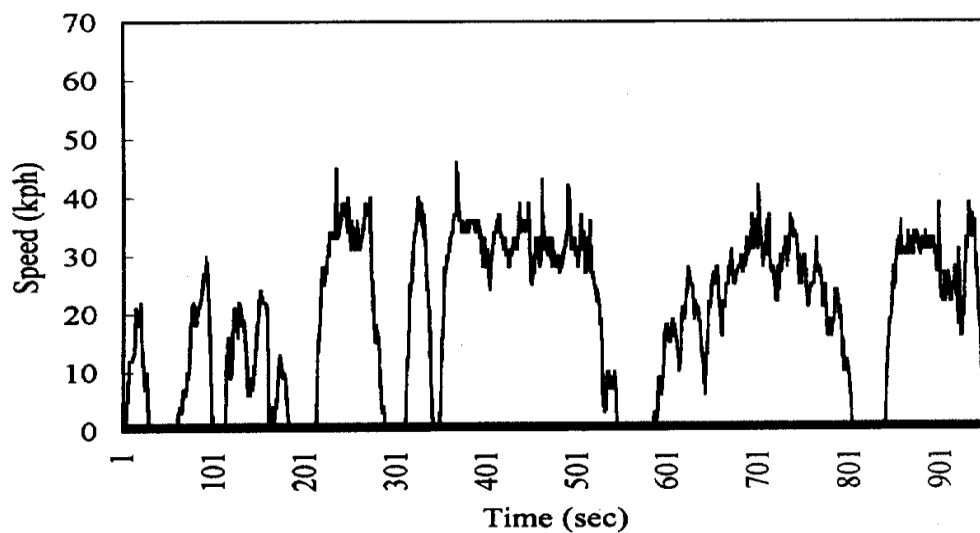
Έντεκα αυτοκίνητα βενζίνης και τέσσερα αυτοκίνητα ντίζελ δοκιμάστηκαν στο εργαστήριο με τη χρήση FTP75 TADC διαδικασία δοκιμής. Το CO, HC και NO<sub>x</sub> των αυτοκινήτων βενζίνης έχει δοκιμαστεί από το TADC και είναι υψηλότερα από ό,τι το FTP75, αλλά η οικονομία καυσίμου είναι χαμηλότερη από ό,τι το FTP75. Οι εκπομπές HC και NO<sub>x</sub> των αυτοκινήτων ντίζελ που έχει δοκιμαστεί από TADC είναι υψηλότερα από ό,τι FTP75, αλλά το CO και αιωρούμενων σωματιδίων (PM), οι εκπομπές των αυτοκινήτων ντίζελ που έχουν δοκιμαστεί από TADC είναι χαμηλότερα από ό,τι FTP75.

Criteria	Mean of all driving data	TMDC	FTP75	ECE	10 Mode	11 Mode
T (s)	890	950	1877	195	135	120
D (m)	4836	5109	17 788	1014	663	1020
$\bar{V}_1$ (kph)	19.6	19.4	34.1	18.7	17.7	30.6
$\bar{V}_2$ (kph)	24.4	23.8	41.6	27.1	24.1	39.4
$\tau$ (s)	84.4	77.3	70	45	50	97
M	21.2	28.8	6.0	1.0	2.0	5.0
S (%)	20.2	19.5	18.0	30.7	26.7	21.7
B (%)	29.7	31.5	33.1	18.5	24.4	34.2
K (%)	21.0	18.7	20.4	32.3	23.7	13.3
V (%)	29.1	30.3	28.5	18.5	25.2	30.8
a (ms <sup>-2</sup> )	0.765	0.798	0.61	0.75	0.67	0.54
d (ms <sup>-2</sup> )	0.782	0.829	0.70	0.75	0.65	0.60

*Πίνακας 3.1: Οι τιμές των κριτηρίων*

Acc/speed	0	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60	61-65	> 66	Sum
> 7	0.11	0.12	0.12	0.10	0.10	0.08	0.04	0.04	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75
7	0.06	0.06	0.09	0.09	0.07	0.05	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49
6	0.12	0.10	0.14	0.14	0.19	0.15	0.08	0.06	0.04	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	1.05
5	0.08	0.20	0.36	0.29	0.27	0.35	0.19	0.17	0.06	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	2.03
4	0.13	0.09	0.29	0.27	0.39	0.41	0.26	0.16	0.16	0.05	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	2.24
3	0.25	0.33	0.61	0.90	0.94	1.12	0.95	0.69	0.31	0.17	0.10	0.05	0.02	0.01	0.00	6.43
2	0.01	0.30	0.70	0.84	1.27	1.81	1.66	1.47	0.74	0.28	0.23	0.11	0.05	0.02	0.00	9.49
1	0.43	0.19	0.50	0.63	0.76	1.13	1.19	1.12	0.65	0.35	0.13	0.09	0.04	0.01	0.01	7.22
0	19.94	0.56	1.51	1.73	2.23	3.44	3.84	3.75	2.13	1.00	0.56	0.31	0.14	0.05	0.02	41.21
-1	0.00	0.63	0.59	0.46	0.72	1.28	0.84	1.19	0.58	0.21	0.21	0.08	0.03	0.02	0.01	6.84
-2	0.00	0.21	0.74	0.96	0.97	1.15	1.66	1.33	0.95	0.50	0.17	0.14	0.06	0.02	0.01	8.89
-3	0.00	0.43	0.67	0.62	0.91	1.16	0.89	0.87	0.56	0.19	0.14	0.08	0.03	0.01	0.01	6.56
-4	0.00	0.20	0.20	0.27	0.30	0.36	0.30	0.26	0.18	0.12	0.04	0.02	0.01	0.01	0.00	2.26
-5	0.00	0.08	0.21	0.36	0.30	0.29	0.40	0.21	0.18	0.07	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	2.18
-6	0.00	0.00	0.15	0.09	0.15	0.26	0.15	0.13	0.09	0.04	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	1.10
-7	0.00	0.00	0.05	0.05	0.07	0.10	0.06	0.06	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48
< -7	0.00	0.00	0.05	0.10	0.10	0.13	0.14	0.10	0.08	0.04	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.78
Sum	21.13	3.48	6.99	7.89	9.73	13.27	12.68	11.63	6.79	3.08	1.72	0.97	0.41	0.17	0.05	100

Πίνακας 3.2 :Ποσοστό ταχυτήτων και επιταχύνσεων



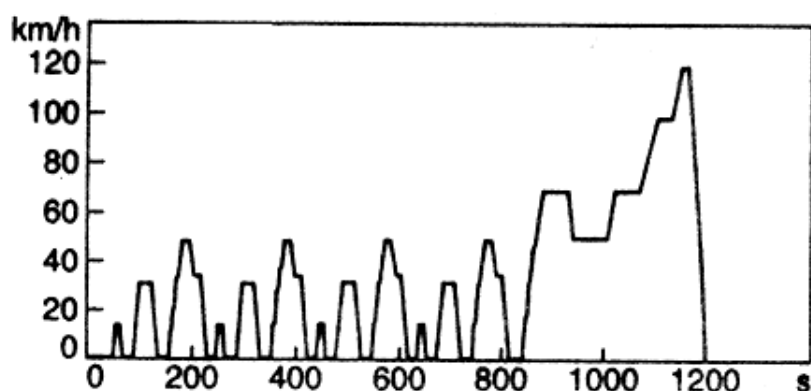
Διάγραμμα 3.6: Κύκλος οδήγησης Tairai

🚦 Κύκλος οδήγησης Εδιμβούργου[28]:

Οι μελετητές Esteves Booth, T. Muneer, J. Kubie, J. Hunter ανέπτυξαν τον κύκλο οδήγησης για την πόλη του Εδιμβούργου.

Η γνώση του κύκλου οδήγησης αποτελεί σημαντική προϋπόθεση για την αξιολόγηση των εκπομπών καυσαερίων. Τα στοιχεία συλλέχθηκαν από τα ταξίδια που πραγματοποιήθηκαν σε πέντε διαδρομές στις γύρω περιοχές και μέρος των εργασιών στο Πανεπιστήμιο Napier του Εδιμβούργου. Ο κύκλος οδήγησης (EMDC) για μοτοσικλέτα έχει αναπτυχθεί για κάθε μία από τις αστικές και αγροτικές οδούς, χρησιμοποιώντας αυτά τα δεδομένα. Σαράντα τέσσερα ταξίδια έγιναν στα δρομολόγια τόσο στις αστικές όσο και στις αγροτικές περιοχές.

Έχει αξιολογηθεί η ταχύτητα της μοτοσικλέτας, ο χρόνος που δαπανάται σε ποσοστό ταχύτητας, επιταχύνσεις, επιβραδύνσεις, ρελαντί και στατιστική εγκυρότητα τους πάνω στα μήκη του ταξιδιού. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ο EMDC έχει μήκος κύκλου των 770 και 656 s για τις αστικές και αγροτικές διαδρομές, οι οποίες είναι υψηλότερες από αυτές του κύκλου οδήγησης της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για τα αυτοκίνητα που χρησιμοποιούνται και για τις εκτιμήσεις των εκπομπών των μοτοσικλετών. Ο χρόνος που δαπανάται σε επιτάχυνση και επιβράδυνση των τρόπων EMDC βρέθηκε να είναι σημαντικά υψηλότερος από ό, τι σε άλλες μελέτες κύκλου οδήγησης, αντανακλώντας διαφορετικές συνθήκες οδήγησης στο Εδιμβούργο.



Διάγραμμα 3.7: ECE ( the ECE driving cycle includes two sub-cycles)

## 3.9 Παραδείγματα Κύκλων Οδήγησης

### 3.9.1 Θεσμοθετημένοι

🇯🇵 Ιαπωνία [29]:

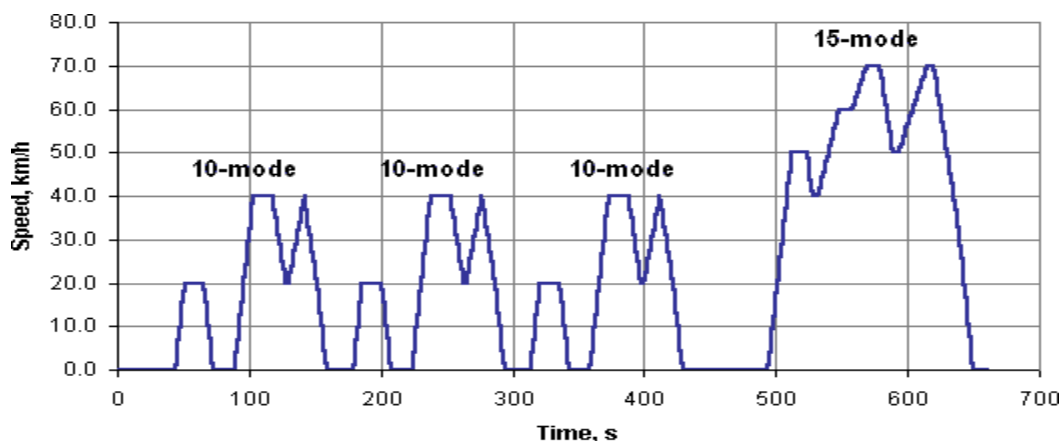
Ο κύκλος οδήγησης 10 mode χρησιμοποιήθηκε στην Ιαπωνία πριν τον 10-15 mode, για την έγκριση τύπου των επιβατικών και ελαφρών φορτηγών. Αντιπροσωπεύει αστικές συνθήκες οδήγησης (κάτι αντίστοιχο με τον ECE-15) μόνο που οι εκπομπές μετρούνταν για πέντε επαναλήψεις του ίδιου τμήματος το οποίο έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

Απόσταση: 0,664km

Μέση Ταχύτητα: 17,7km/h

Διάρκεια:135s

Μέγιστη Ταχύτητα: 40 km/h.



*Διάγραμμα 3.8 :10-15 Κύκλος Οδήγησης*

Ο συγκεκριμένος κύκλος οδήγησης (Διάγραμμα 3.9.1) χρησιμοποιείται στην Ιαπωνία για την έγκριση τύπου όσον αφορά τις εκπομπές ρύπων και την κατανάλωση, σε επιβατικά και ελαφρά φορτηγά. Προέρχεται από τον 10-mode με την προσθήκη ενός τμήματος 15-mode, με μέγιστη ταχύτητα 70 km/h.

Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής: Προθέρμανση του κινητήρα για 15 λεπτά στα 60 km/h, μέτρηση στο ρελαντί, 5 λεπτά προθέρμανση στα 60 km/h, ακολουθούμενο από ένα τμήμα 15-mode. Αμέσως μετά τρεις επαναλήψεις του κύκλου 10-mode και άλλη μία του 15-mode. Οι εκπομπές λαμβάνονται υπόψη στα τέσσερα τελευταία τμήματα (3×10-mode + 1×15-mode). Η απόσταση του κύκλου είναι 4,16 km, η μέση ταχύτητα είναι 22,7 km/h, η διάρκεια 660 s (ή 6.34 km, 25.6 km/h, 892 s, αντίστοιχα, συμπεριλαμβανομένου του αρχικού 15-mode τμήματος).

#### 🚦 Αμερική[30]: Κύκλος FTP-75:

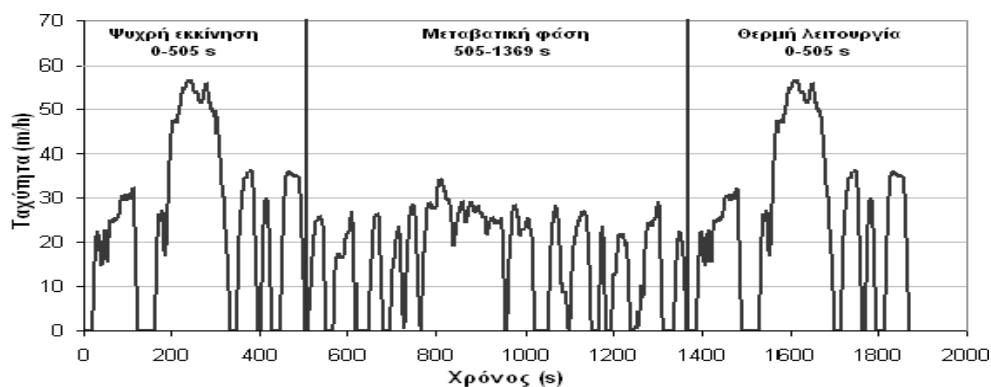
Ο κύκλος FTP-75 χρησιμοποιείται στις ΗΠΑ για την έγκριση τύπου των ελαφρών φορτηγών και επιβατικών οχημάτων. Από το 2000 τα οχήματα δοκιμάζονται σε δύο συμπληρωματικές διαδικασίες (SFTP), οι οποίες σχεδιάστηκαν να καλύπτουν τις ατέλειες του FTP-75 όσον αφορά την (1) επιθετική, υψηλών ταχυτήτων οδήγηση (US06), και (2) τη χρήση κλιματισμού (SC03).

Ο κύκλος FTP-75 προέρχεται από τον κύκλο FTP-72 προσθέτοντας μια τρίτη φάση των 505 s, ίδια με την πρώτη φάση του FTP-72 με τη διαφορά ότι η εκκίνηση είναι με ζεστό κινητήρα. Η τρίτη φάση ξεκινά αφού ο κινητήρας έχει απενεργοποιηθεί για 10 λεπτά. Επομένως, ο κύκλος FTP-75 αποτελείται από τα παρακάτω μέρη:

1. φάση κρύας εκκίνησης
2. φάση μετάβασης
3. φάση ζεστής εκκίνησης

Τα χαρακτηριστικά του κύκλου έχουν ως εξής:

- Διανυθείσα απόσταση: 17,77 km
- Διάρκεια: 1874 s
- Μέση ταχύτητα: 34,1 km/h



*Διάγραμμα 3.9: FTP-75 Κύκλος Οδήγησης*

### 3.9.2 Κύκλοι Οδήγησης από πραγματικά δεδομένα (Real World)

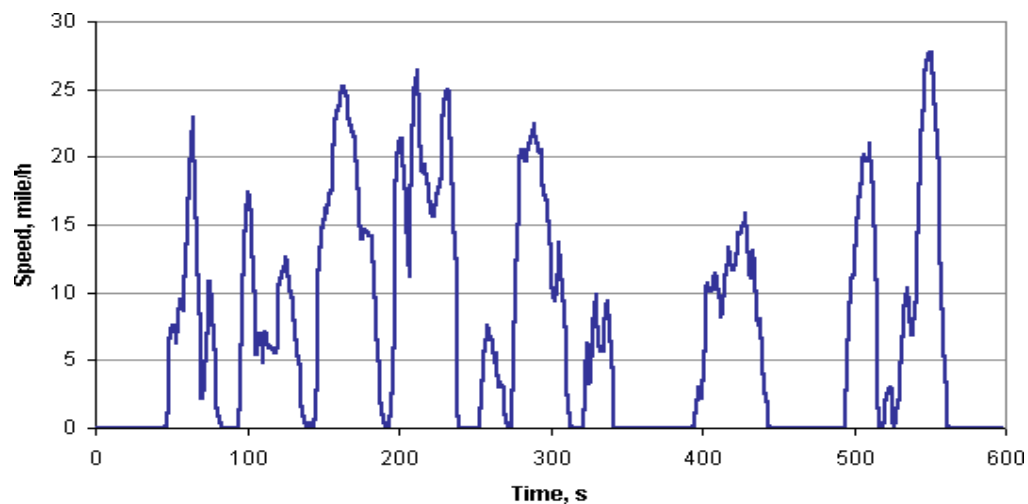
🇺🇸 Αμερική[31]:

Το ΥΠΠ NYCC με δοκιμές έχει αναπτύξει μια δυναμομετρική εξέδρα δοκιμών των ελαφρών οχημάτων (CFR 40, αριθ. 86, Φάιν. Ι). Η δοκιμή προσομοιώνει χαμηλή ταχύτητα αστική οδήγηση με συχνές στάσεις.

Οι βασικές παραμέτρους του κύκλου είναι:

- Διάρκεια: 598 δευτερόλεπτα απόσταση: 1,18 μίλια = 1,89 km
- Μέση ταχύτητα: 7,1 mi/h = 11,4 km/h
- Μέγιστη ταχύτητα: 27,7 mi/h 44,6 km/h

Τα αποτελέσματα του κύκλου οδήγησης φαίνονται στον παρακάτω διάγραμμα:

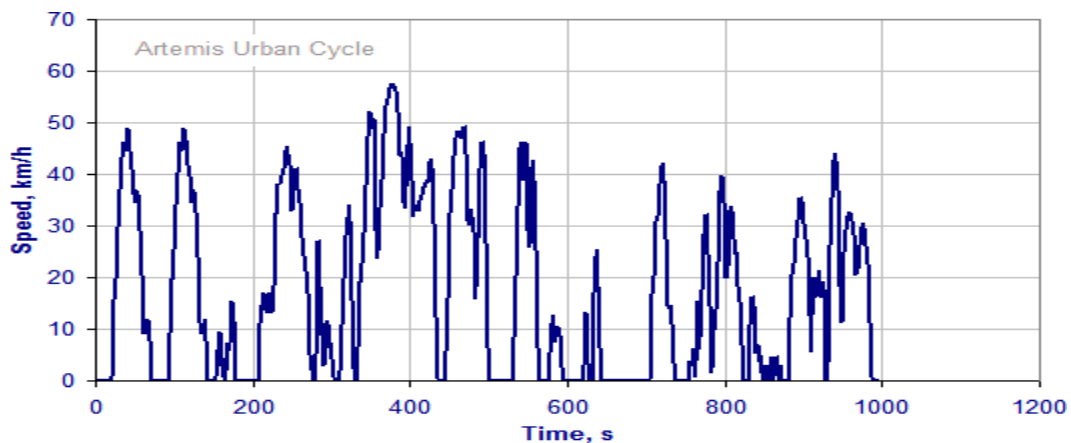


*Διάγραμμα 3.10 :New York Κύκλος Οδήγηση*

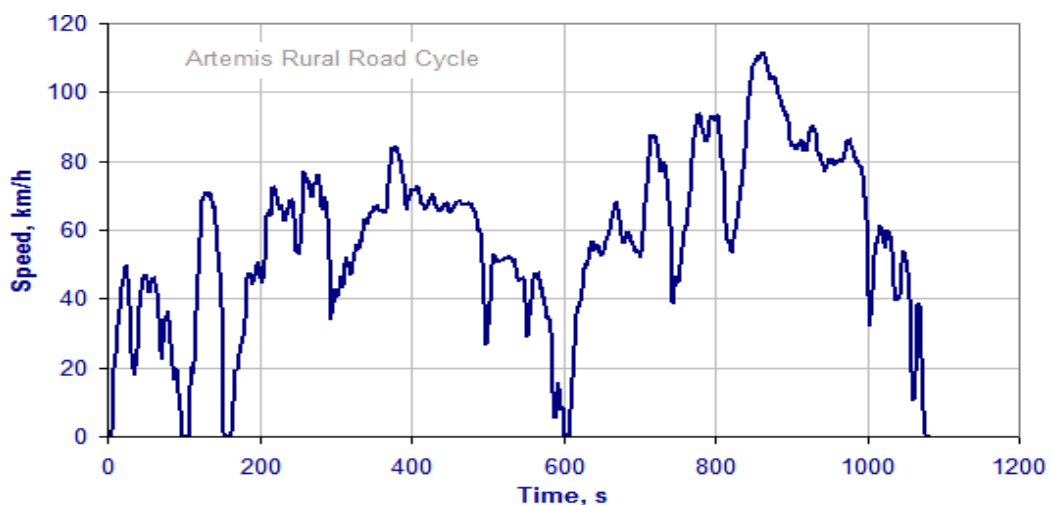
🇪🇺 Ευρώπη[32]:

Ο κύκλος οδήγησης Artemis (CADC) είναι κυλινδροφόρα δυναμομετρική τράπεζα, με διαδικασίες που έχουν αναπτύξει εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Βασίζεται σε στατιστική ανάλυση των μεγάλων βάσεων δεδομένων της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε πραγματικούς τρόπους οδήγησης. Οι κύκλοι περιλαμβάνουν τρία προγράμματα οδήγησης: 1) Αστικά, 2) Αγροτικό δρόμο και (3) Αυτοκινητόδρομος. Ο αυτοκινητόδρομος έχει δύο παραλλαγές με μέγιστες ταχύτητες των 130 και 150 km/h.

Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής φαίνονται στα παρακάτω διαγράμματα:

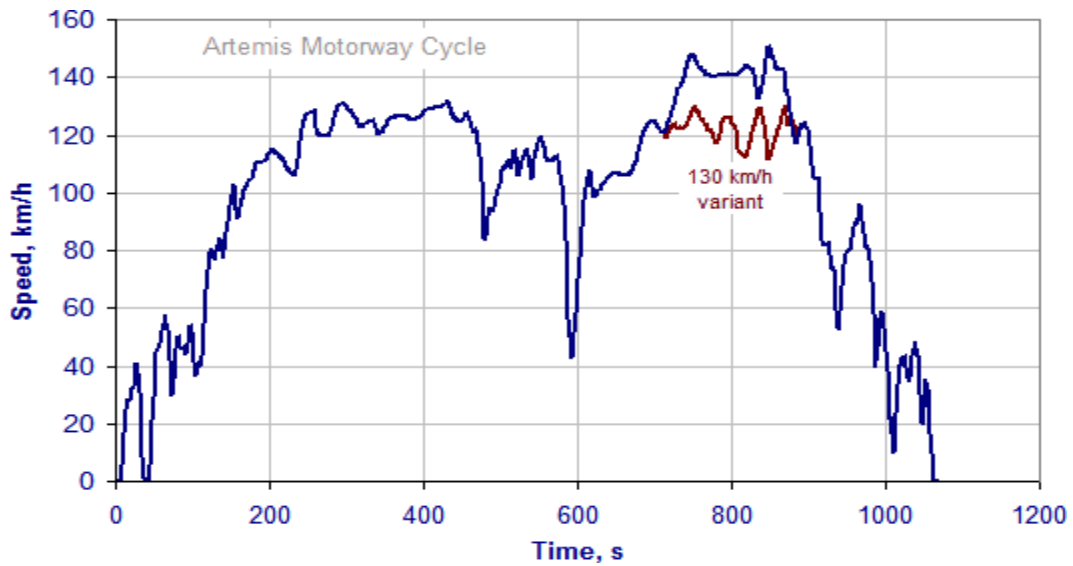


*Διάγραμμα 3.11: Artemis Αστικός Κύκλος Οδήγησης*





*Διάγραμμα 3.12: Artemis Αγροτικός Κύκλος Οδήγησης*

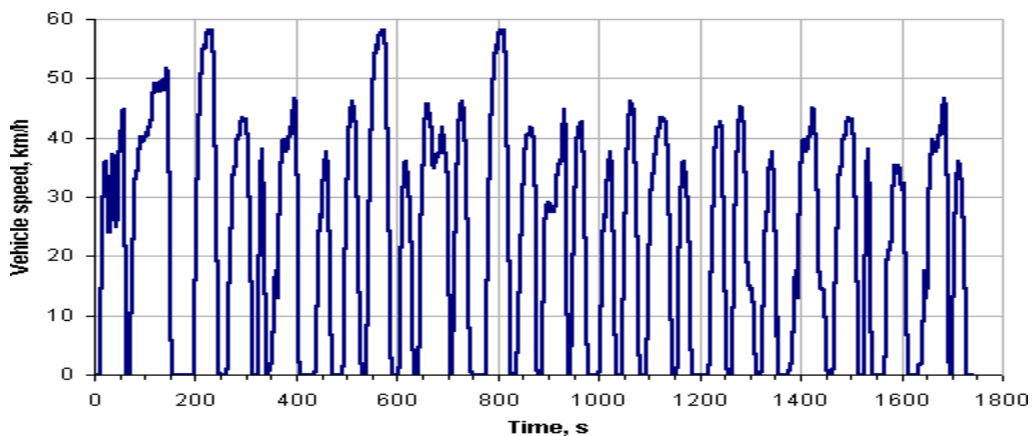


*Διάγραμμα 3.13: Artemis Αυτοκινητόδρομος Κύκλος Οδήγησης*

🚦 Braunschweig[33]:

Ο κύκλος οδήγησης στην πόλη του Braunschweig αναπτύχθηκε στο Τεχνικό Πανεπιστήμιο του Braunschweig. Είναι ένα πρόγραμμα οδήγησης εξομίσωσης με αστικό λεωφορείο κάνοντας συχνές στάσεις. Ο κύκλος εκτελείται σε δυναμομετρική εξέδρα.

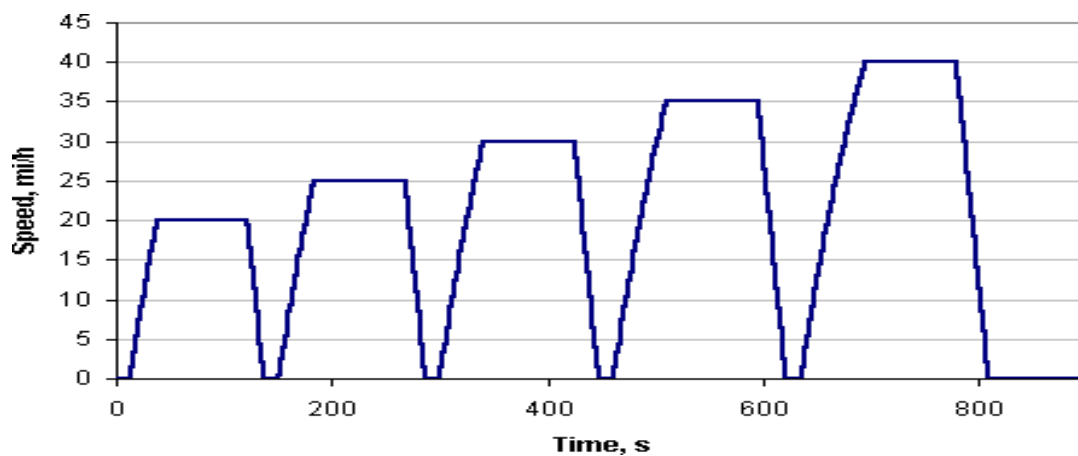
Η ταχύτητα του αυτοκινήτου κατά τη διάρκεια του κύκλου παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα.



*Διάγραμμα 3.14: Braunschweig Κύκλος Οδήγησης*

✚ Πανεπιστήμιο Βιρτζίνιας[34]:

Ο κύκλος αυτός αναπτύχθηκε το 1994 από τις εκπομπές οχημάτων σε εργαστήριο δοκιμών στην Δυτική Βιρτζίνια. Η WVU 5-κορυφή κύκλου (ή όχημα κύκλου) σχεδιάστηκε γενικά για το σασί του οχήματος δοκιμής. Ο κύκλος λειτουργίας αποτελείται από πέντε τμήματα, με μια επιτάχυνση σε υψηλές στροφές, ακολουθούμενη από μια σύντομη σταθερή κατάσταση λειτουργίας και στη συνέχεια μια επιβράδυνση στο ρελαντί. Τα πέντε κορυφαία ταχύτητα είναι 20, 25, 30, 35, και 40 mph, αντίστοιχα (σχήμα 1).



*Διάγραμμα 3.15: Virginia University Κύκλος Οδήγησης*

Η τροποποίηση του ανωτέρω κύκλου υπάρχει, γνωστή ως το "WVU 5-μίλια πορεία". Στην τροποποιημένη εκδοχή του κύκλου αυτού, το αυτοκίνητο επιταχύνει σε κάθε σταθερή ταχύτητα χρησιμοποιώντας την υψηλότερη δυνατή επιτάχυνση. Η απόσταση οδήγησης, ο χρόνος και οι σταθερές ταχύτητες είναι η ίδια και για τους δύο κύκλους.



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### 4.1 Γενικά

Σκοπός του πειραματικού μέρους είναι η καταγραφή των χαρακτηριστικών κίνησης για τη δημιουργία κύκλου οδήγησης στην πόλη του Ηρακλείου και η σύγκριση με την αντίστοιχη περίπτωση κατά την οποία χρησιμοποιήθηκε αυτοκίνητο. Το πειραματικό μέρος αποτελείται από τις μετρήσεις που προέκυψαν από τη μονάδα του GPS και στη συνέχεια παρατίθενται οι επεξεργασίες τους, τα σχετικά διαγράμματα και η σύγκριση του με τον Κ.Ο. (κύκλος οδήγησης) του αυτοκινήτου.

### 4.2 Εξοπλισμός

Για τη διαδικασία του πειραματικού μέρους χρησιμοποιήθηκε δίκυκλη μοτοσυκλέτα μάρκας Piaggio, μοντέλο typhoon, κυβισμού 125cc, δίχρονου μονοκύλινδρου κινητήρα. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά του δικύκλου.

Γενικές πληροφορίες	
<b>Μοντέλο:</b>	Piaggio Typhoon 125cc
<b>Έτος:</b>	1999
<b>Κατηγορία:</b>	Scooter
Κινητήρας και κιβώτιο ταχυτήτων	
<b>Κινητήρας</b>	Μονοκύλινδρος 2-χρονος

<b>Κυβισμός</b>	125 cc
<b>Διάμετρος εμβόλου</b>	55 mm
<b>Διαδρομή εμβόλου</b>	52 mm
<b>Κάυσιμο</b>	Αμόλυβδη
<b>Έγχυση</b>	Reed βαλβίδες στον στροφαλοθάλαμο
<b>Ανάφλεξη</b>	Ηλεκτρονική CDI (Capacitor discharge ignition)
<b>Εκκίνηση</b>	Μίζα και μανιβέλα εκκίνησης
<b>Λίπανση</b>	Ξεχωριστή με αυτόματη μίξη
<b>Ψύξη</b>	Αερόψυκτο, με ανεμιστήρα
<b>Κιβώτιο ταχυτήτων</b>	Αυτόματο CVT (continuously variable transmission)
<b>Συμπλέκτης</b>	Αυτόματος φυγοκεντρικού τύπου
<b>Πλαίσιο</b>	Συγκολλημένοι ασάλινοι σωλήνες με ενισχυμένα ασάλι
<b>Εμπρός ανάρτηση</b>	Υδραυλικό τηλεσκοπικό πιρούνι με αντεστραμένο κύλινδρο
<b>Πίσω ανάρτηση</b>	Διπλός υδραυλικός έλεγχος της ανάρτησης, ομοαξονικό ελικοειδές σπείρωμα
<b>Εμπρός φρένα</b>	Υδραυλικό με $\varnothing$ 190 mm δίσκο από ανοξείδωτο χάλυβα
<b>Πίσω φρένα</b>	$\varnothing$ 110 mm τύμπανο (μηχανική πέδη, ταμπούρο)
<b>Εμπρός τροχός</b>	Χυτοπρεσσαριστό ελαφρύ κράμα 10"
<b>Πίσω τροχός</b>	Χυτοπρεσσαριστό ελαφρύ κράμα 10"
<b>Εμπρός ελαστικό</b>	120/90-10"
<b>Πίσω ελαστικό</b>	120/90-10"
<b>Μήκος</b>	1,800 mm
<b>Πλάτος</b>	700 mm
<b>Μεταξόνιο</b>	1,280 mm
<b>Ύψος σέλας</b>	790 mm
<b>Βάρος κενή</b>	96 kg
<b>Χωρητικότητα δοχείου καυσίμου</b>	8 λίτρα από τα οποία το 1.5 είναι ρεζέρβα
<b>Δοχείο λαδιού</b>	1.5 litres

**Πίνακας 4.1: Χαρακτηριστικά δικύκλου**



**Εικόνα 4.1:** Piaggio Typhoon 125cc

Για την καταγραφή των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε δέκτης GPS της εταιρείας GARMIN, μοντέλο GPS V. Το σύστημα του δέκτη αποτελείται από τα ακόλουθα εξαρτήματα:

- Το δέκτη με ενσωματωμένη κεραία
- Το καλώδιο επικοινωνίας με τον υπολογιστή

Με την ενεργοποίησή του, ο δέκτης εντοπίζει του δορυφόρους που είναι ορατοί στην ουράνια σφαίρα. Ο δέκτης διαθέτει 12 παράλληλα κανάλια με συνεχή παρακολούθηση και έτσι είναι δυνατή η χρήση έως και 12 δορυφόρων για τον υπολογισμό της θέσης.

Η ανανέωση των πληροφοριών που δέχεται ο δέκτης από τους δορυφόρους γίνεται αυτόματα κάθε 1 δευτερόλεπτο. Ο δέκτης παρέχει τη δυνατότητα

καταγραφής μιας διαδρομής αποθηκεύοντας τα στοιχεία των διαδοχικών θέσεων του οχήματος στη μνήμη του.

Η μνήμη του δέκτη είναι αρκετή για να καταγράψει και να αποθηκεύσει 3000 σημεία, δηλαδή μια διαδρομή 50 λεπτών της ώρας. Αν η αποθήκευση δεν τερματιστεί πριν το πέρας της αποθηκευτικής ικανότητας του δέκτη, τότε αυτόματα οι επιπλέον εγγραφές αποθηκεύονται με ταυτόχρονη διαγραφή σημείων από την αρχή της διαδρομής.

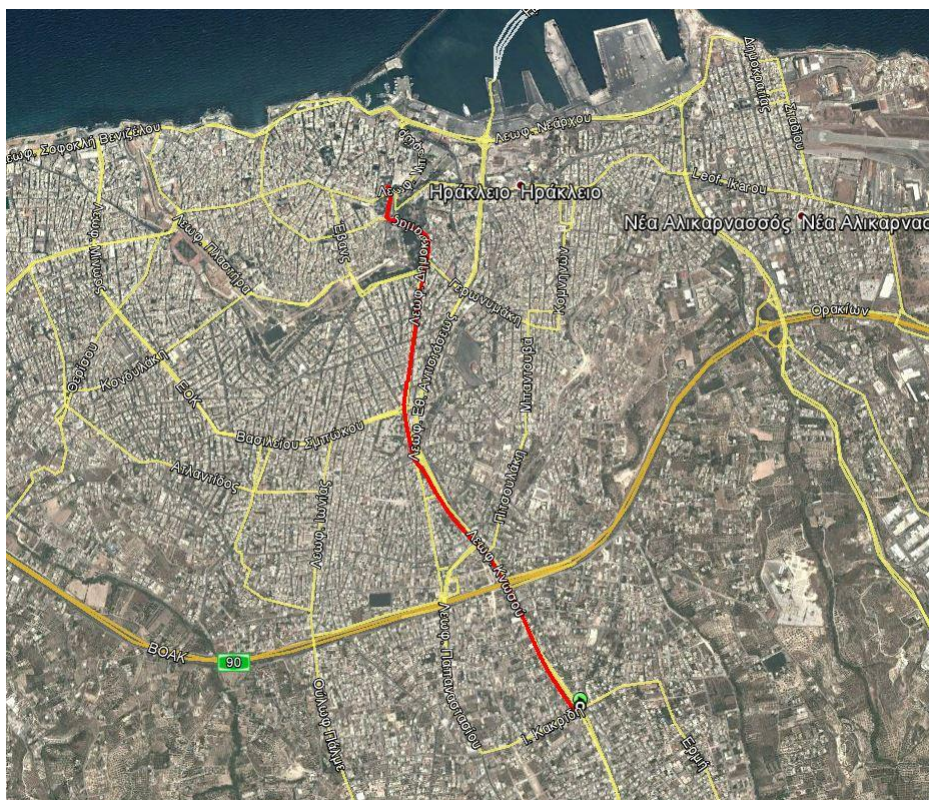


*Εικόνα 4.2: Ο δέκτης GPS V της Garmin με την ενσωματωμένη κεραία*

### 4.3 Συλλογή Δεδομένων

Για τη συλλογή των δεδομένων του πειράματος, χρησιμοποιήθηκε ο εξοπλισμός που αναφέρθηκε στην παράγραφο 4.2 σε μια προκαθορισμένη διαδρομή, η οποία αρχή είχε τη διασταύρωση Λ. Κνωσού και Ευαγγέλου Χατζάκη και τέλος το αρχαιολογικό μουσείο Ηρακλείου στην περιοχή της Πλατείας Ελευθερίας.

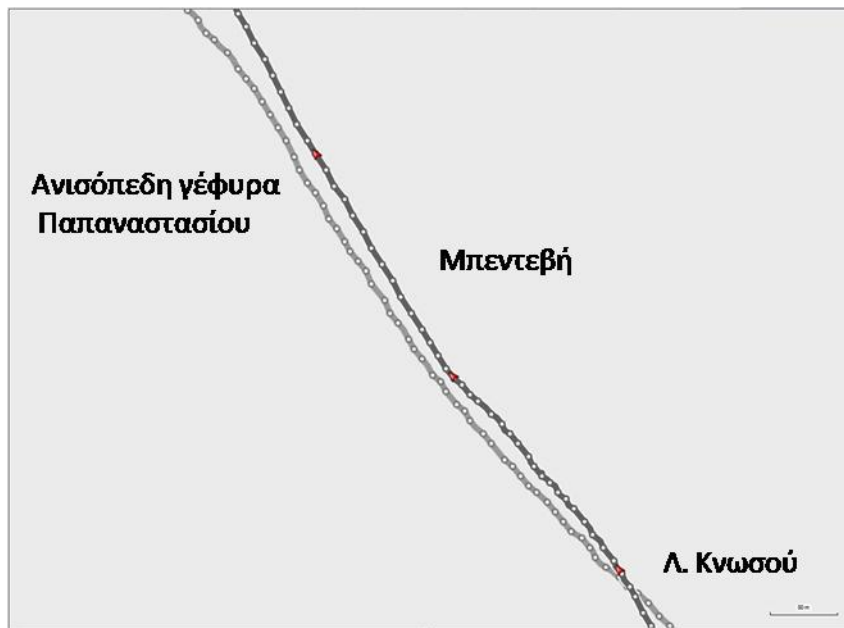
Η διαδικασία περιλαμβάνει την καταγραφή των στοιχείων της διαδρομής (χρονική στιγμή, ταχύτητα και γεωγραφικό στίγμα) με ρυθμό καταγραφής 1 δευτερόλεπτο. Οι μετρήσεις επαναλήφθηκαν σε καθημερινή βάση τρεις φορές την ημέρα ( πρωί, μεσημέρι και απόγευμα ), μέχρι το κλείσιμο του κύκλου μιας εβδομάδος, με την κάθε μέτρηση να περιλαμβάνει δύο σκέλη, το ένα προς το κέντρο της πόλης και το άλλο από αυτό.



**Εικόνα 4.3.** Το δρομολόγιο του πειράματος μέσω Google Earth

Κατά την προαναφερθείσα διαδρομή , έπρεπε να ανοιχτεί ο πλοηγός, να κλειδώσει τους δορυφόρους και έπειτα να ξεκινήσει η διαδρομή και κατ' επέκταση η έναρξη της καταγραφής των δεδομένων στον πλοηγό από το δορυφόρο. Το ίδιο επαναλήφθηκε και στο δεύτερο σκέλος από το κέντρο. Ο χρόνος αναμονής οφειλόταν στην αναμονή σύνδεσης του πλοηγού με το δορυφόρο με βασικό λόγο να μη χαθεί η μέτρηση από το σημείο εκκίνησης λόγω καθυστέρησης της σύνδεσής τους. Σημειωτέο ότι κατά την εκκίνηση του δεύτερου σκέλους έπρεπε να γίνει επανεκκίνηση του πλοηγού (για την δημιουργία δεύτερου ίχνους).





*Εικόνα 4.4. Ίχνος πορείας από MapSource*

#### 4.4 Επεξεργασία Δεδομένων

Μέσω του λογισμικού προγράμματος Garmin BaseCamp, έγινε η εξαγωγή των δεδομένων από την εφαρμογή του λογισμικού MapSource. Οι τιμές που εξάχθηκαν περάστηκαν σε ένα βιβλίο excel για την κάθε ημέρα και η κάθε διαδρομή περάστηκε στο αντίστοιχο φύλλο (Πίνακας 4.4).

Έπειτα για την κάθε διαδρομή της κάθε ημέρας κρατήθηκαν τα στοιχεία:

- του πλήθους των τιμών
- της ημερομηνίας & ώρας
- του υψομέτρου
- μήκος σκέλους ίχνους
- χρόνος σκέλους ίχνους
- ταχύτητα (u σε km/hr)

α/α	Ημερ/νι α	Ώρα		υψόμετρ ο		Μήκος σκέλους		Χρόνος σκέλους	Ταχύτητα	
25	15/04/13	09:26:29	μμ	1	m	11	m	00:00:01	40	km/h
26	15/04/13	09:26:30	μμ	2	m	10	m	00:00:01	34	km/h
27	15/04/13	09:26:31	μμ	3	m	10	m	00:00:01	34	km/h
28	15/04/13	09:26:32	μμ	4	m	10	m	00:00:01	34	km/h
29	15/04/13	09:26:33	μμ	4	m	12	m	00:00:01	44	km/h
30	15/04/13	09:26:34	μμ	5	m	12	m	00:00:01	44	km/h
31	15/04/13	09:26:35	μμ	5	m	10	m	00:00:01	35	km/h
32	15/04/13	09:26:36	μμ	5	m	10	m	00:00:01	34	km/h
33	15/04/13	09:26:37	μμ	6	m	10	m	00:00:01	35	km/h
34	15/04/13	09:26:38	μμ	6	m	7	m	00:00:01	26	km/h
35	15/04/13	09:26:39	μμ	6	m	7	m	00:00:01	26	km/h
36	15/04/13	09:26:40	μμ	6	m	5	m	00:00:01	19	km/h
37	15/04/13	09:26:41	μμ	7	m	5	m	00:00:01	19	km/h
38	15/04/13	09:26:42	μμ	7	m	2	m	00:00:01	9	km/h
39	15/04/13	09:26:43	μμ	8	m	5	m	00:00:01	19	km/h
40	15/04/13	09:26:44	μμ	8	m	6	m	00:00:01	22	km/h
41	15/04/13	09:26:45	μμ	8	m	8	m	00:00:01	29	km/h
42	15/04/13	09:26:46	μμ	9	m	9	m	00:00:01	33	km/h
43	15/04/13	09:26:47	μμ	9	m	10	m	00:00:01	36	km/h

44	15/04/13	09:26:48	μμ	9	m	8	m	00:00:01	29	km/h
45	15/04/13	09:26:49	μμ	10	m	10	m	00:00:01	36	km/h
46	15/04/13	09:26:50	μμ	10	m	8	m	00:00:01	29	km/h
47	15/04/13	09:26:51	μμ	11	m	8	m	00:00:01	29	km/h
48	15/04/13	09:26:52	μμ	11	m	11	m	00:00:01	39	km/h
49	15/04/13	09:26:53	μμ	12	m	8	m	00:00:01	29	km/h

**Πίνακας 4.2:** Ενδεικτική μορφή αποτύπωσης πληροφοριών

Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας το βήμα του χρόνου και την ταχύτητα έγιναν οι παρακάτω υπολογισμοί (Πίνακες 4.2α,β):

1. Διορθώθηκαν οι τιμές της ταχύτητας, όπου το πρόγραμμα τις διάβαζε ως κείμενο και έγιναν αριθμοί.
2. Έγινε εξομάλυνση των μετρήσεων της ταχύτητας, με βάση το μέσο όρο πέντε μετρήσεων.
3. Καταγράφηκαν ως τελική ταχύτητα οι τιμές εκείνες που ήταν μεγαλύτερες των 3km/hr, θεωρώντας ότι οι μικρότερες των 3km/hr είναι πρακτικά ακίνητο το δίκυκλο. Στην διπλανή στήλη κρατήθηκαν οι θετικές τιμές της ταχύτητας, στην συνέχεια έγινε μετατροπή μονάδας στο S.I.
4. Έγινε ο υπολογισμός της επιτάχυνσης A και ο διαχωρισμός της σε θετικές και αρνητικές τιμές, επιτάχυνση και επιβράδυνση αντίστοιχα.

ΕΞΟΜΑΛ.	Τελική ταχύτητα (Υτελ.)	U>0	U (m/s)	A	A>0
2,25	0,00		0,625		
1,80	0,00		0,500	-0,125	
2,67	0,00		0,741	0,241	0,241
3,57	3,57	3,57	0,992	0,251	0,251
4,57	4,57	4,57	1,270	0,278	0,278
4,57	4,57	4,57	1,270	0,000	
3,29	3,29	3,29	0,913	-0,357	
3,29	3,29	3,29	0,913	0,000	
4,29	4,29	4,29	1,190	0,278	0,278
3,29	3,29	3,29	0,913	-0,278	
2,00	0,00		0,556	-0,357	
1,00	0,00		0,278	-0,278	
2,57	0,00		0,714	0,437	0,437
6,43	6,43	6,43	1,786	1,071	1,071
9,57	9,57	9,57	2,659	0,873	0,873
13,29	13,29	13,29	3,690	1,032	1,032
17,14	17,14	17,14	4,762	1,071	1,071
19,86	19,86	19,86	5,516	0,754	0,754
23,57	23,57	23,57	6,548	1,032	1,032
26,71	26,71	26,71	7,421	0,873	0,873

**Πίνακας 4.2α:** Ενδεικτική αποτύπωση τιμών και υπολογισμών

% στάσης	11,94
% κίνησης	88,06
Μέση Ταχύτητα.	29,46
Μέση Ταχύτητα Χωρίς Στάσης	33,45
Μέση Επιτάχυνση	0,50
Μέση Επιβράδυνση	-0,51

**Πίνακας 4.2β:** Συγκεντρωτικός πίνακας των % ποσοστών και μέσων τιμών των κυριότερων παραμέτρων.

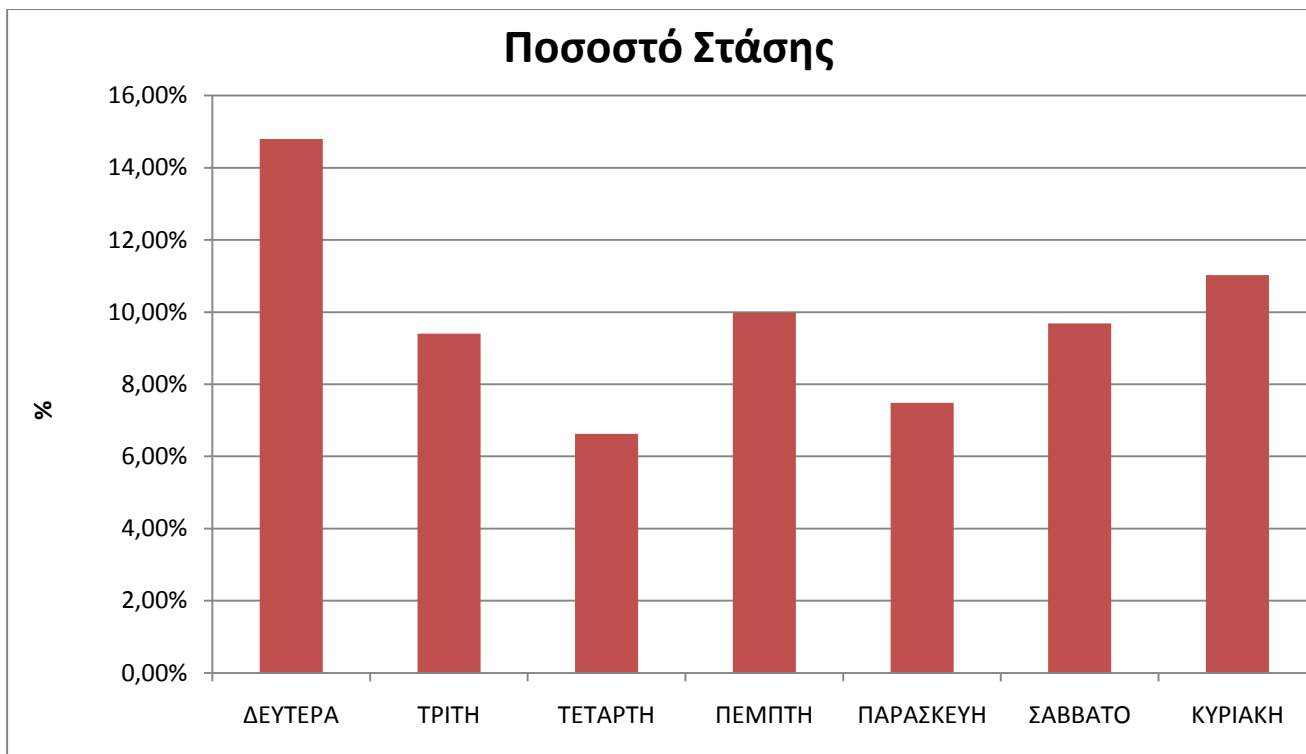
Στη συνέχεια δημιουργήθηκε ένα συγκεντρωτικό φύλλο εργασίας με όλες τις διεργασίες, το οποίο ήταν και για τις 7 ημέρες των μετρήσεων, όπως φαίνεται και στον πίνακα 4.4.2

	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΡΙΤΗ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	ΣΑΒΒΑΤΟ	ΚΥΡΙΑΚΗ
<b>ΟΛΙΚΟ</b>	25,53	26,71	29,01	26,28	22,63	25,79	29,78
<b>ΠΡΩΙ</b>	21,96	28,46	29,21	24,72	27,41	29,46	36,06
<b>ΜΕΣΗΜΕΡΙ</b>	23,97	28,04	29,10	27,52	20,56	24,29	28,00
<b>ΑΠΟΓΕΥΜΑ</b>	32,98	24,04	28,74	26,72	21,09	24,24	26,80
<b>Ποσοστό Στάσης</b>	14,80%	9,40%	6,62%	9,99%	7,49%	9,68%	11,03%
<b>Ποσοστό Κίνησης</b>	85,20%	90,60%	93,38%	90,01%	92,51%	90,32%	88,97%

**Πίνακας 4.3:** Συγκεντρωτικός πίνακας μετρήσεων

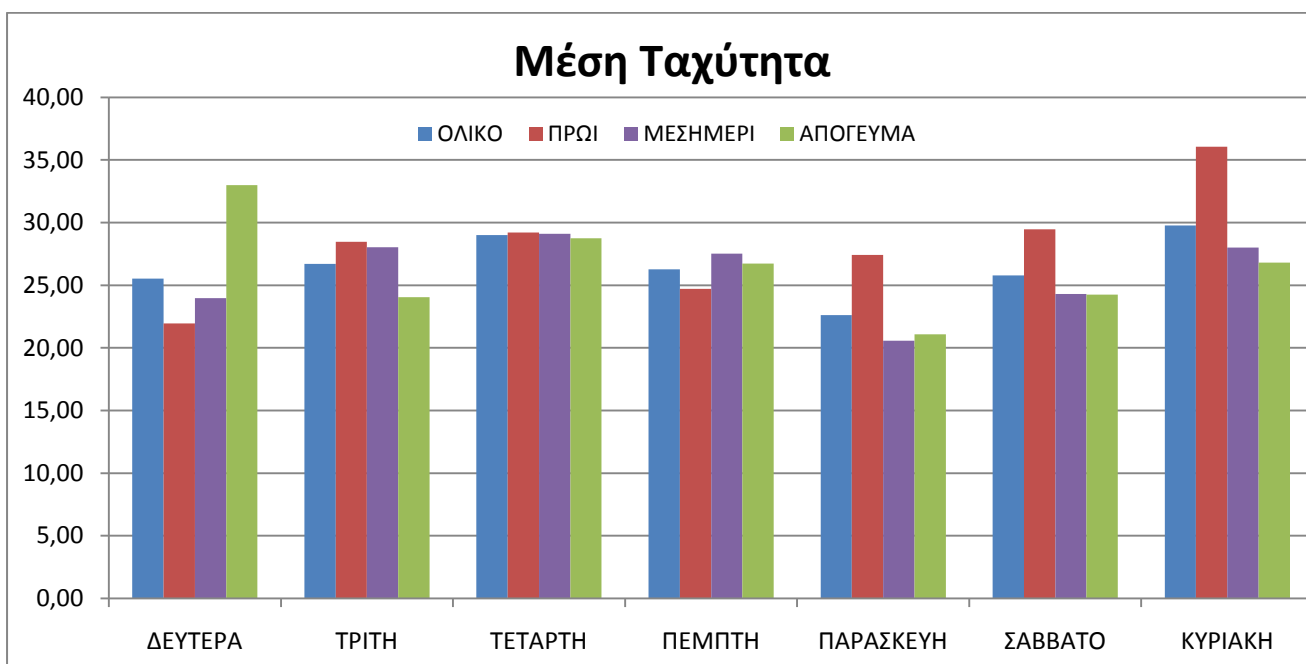
## 4.5 Αποτελέσματα πειραματικής διαδικασίας

Στο διάγραμμα 4.1 δίνεται το ποσοστό στάσης για όλες τις ημέρες των μετρήσεων. Παρατηρείτε ότι τις καθημερινές το ποσοστό στάσης έχει μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με το Σαββατοκύριακο. Αυτό είναι απολύτως λογικό καθώς τις καθημερινές οι περισσότεροι άνθρωποι πηγαίνουν στις δουλειές του σε σχέση με το σαββατοκύριακο.



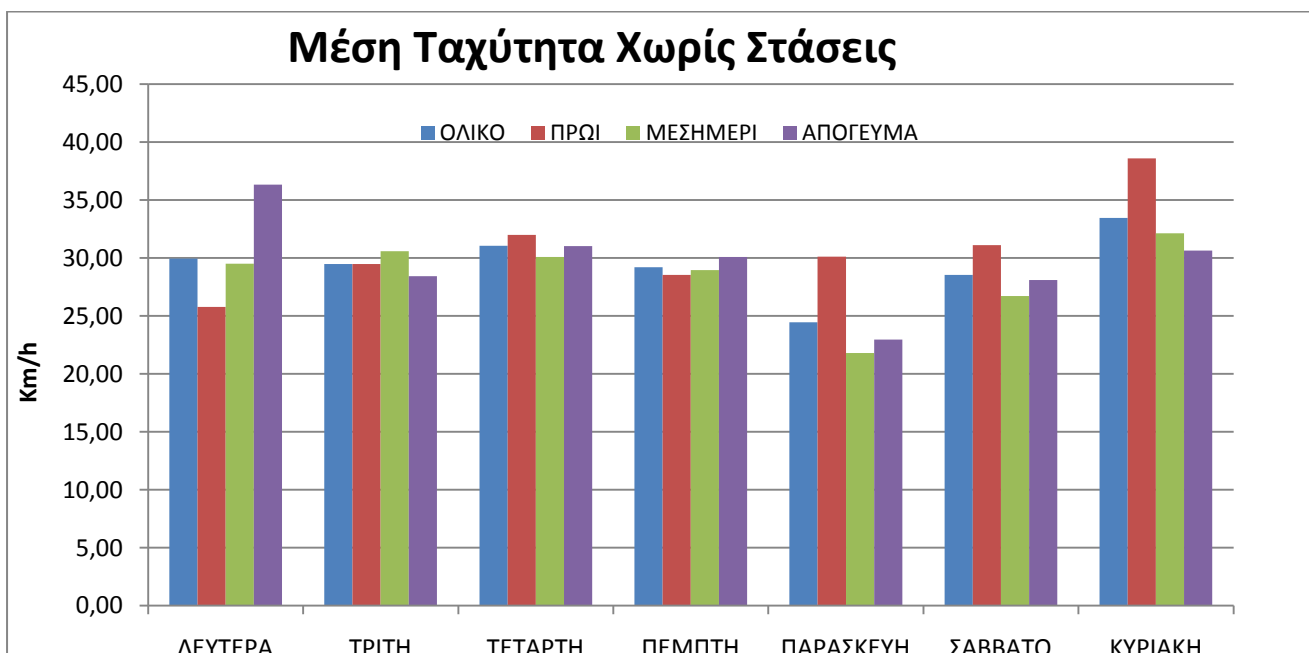
**Διάγραμμα 4.1:** Γραφική αποτύπωση του ποσοστού στάσης ανά ημέρα

Στο διάγραμμα 4.2 παρουσιάζεται το διάγραμμα της μέσης ταχύτητας για όλες τις μέρες και ώρες των μετρήσεων. Το σαββατοκύριακο η μέση ταχύτητα έχει μεγαλύτερες τιμές λόγω του ότι η κίνηση των οχημάτων είναι περιορισμένη τις μέρες αυτές.



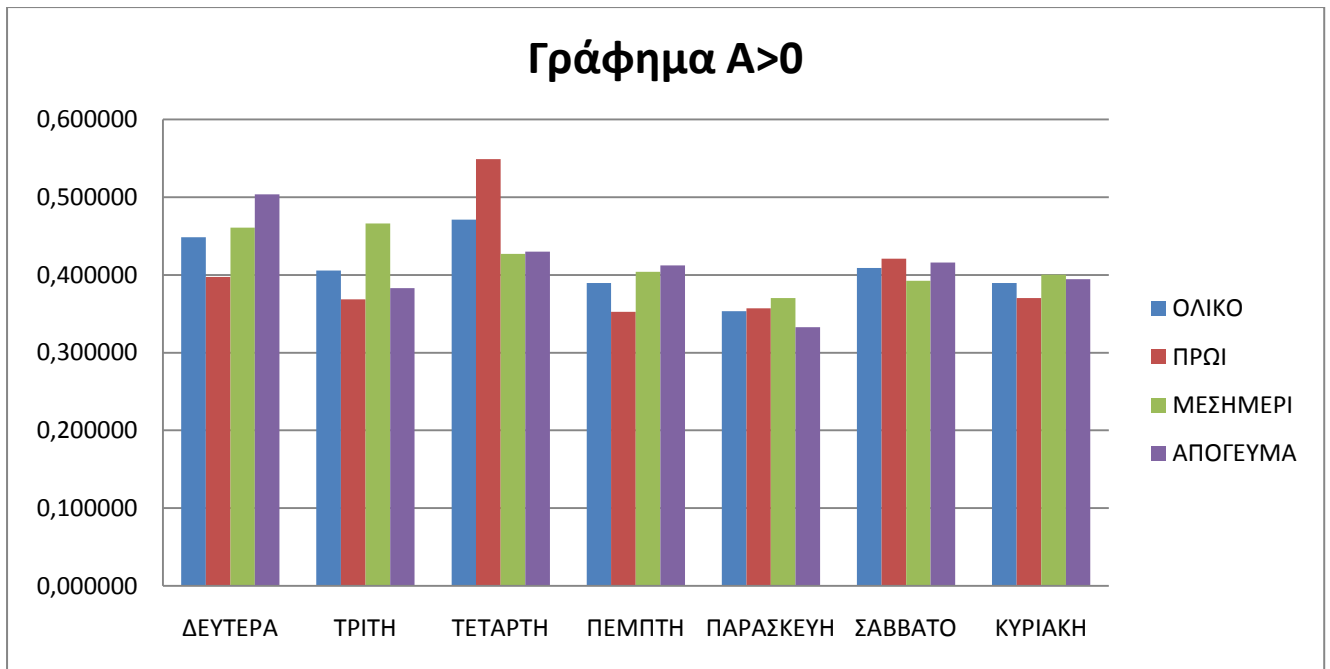
**Διάγραμμα 4.2:** Γραφική αποτύπωση της μέσης ταχύτητας για όλες τις μέρες και ώρες των μετρήσεων

Στο διάγραμμα 4.3 αποτυπώνεται το διάγραμμα της μέσης ταχύτητας χωρίς στάσεις. Όπως και στο προηγούμενο διάγραμμα έτσι και σ αυτό οι τιμές το σαββατοκύριακο είναι μεγαλύτερες λόγω περιορισμένης μετακίνησης των κατοίκων.



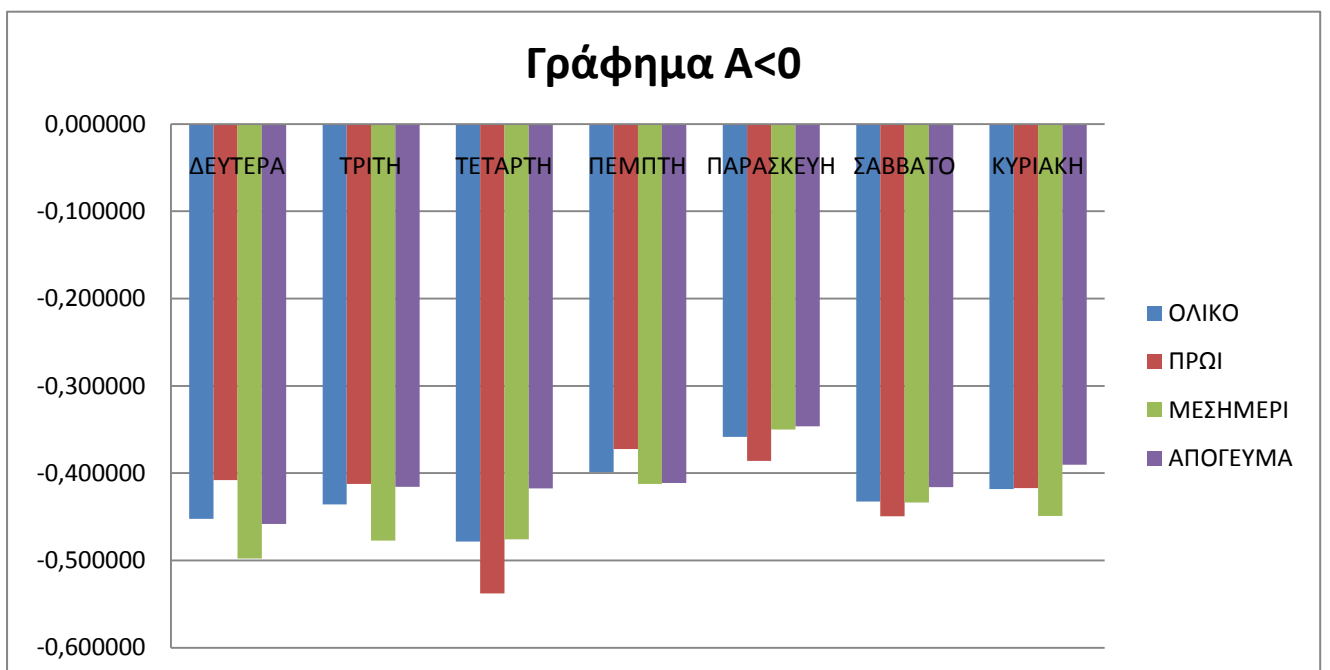
**Διάγραμμα 4.3 :** Γραφική αποτύπωση της μέσης ταχύτητας χωρίς στάσεις

Στο διάγραμμα 4.4 δίνεται το γράφημα της επιτάχυνσης. Παρατηρείτε ότι την Τετάρτη είναι μεγαλύτερες οι μεγαλύτερες τιμές, λόγω χαμηλής κίνησης στους δρόμους.



**Διάγραμμα 4.4:** Γραφική αποτύπωση της επιτάχυνσης ανά ημέρα

Στο γράφημα 4.5, όπου διαμορφώνεται το γράφημα της επιβράδυνσης παρατηρείται ότι οι τιμές είναι και περίπου οι ίδιες με αυτές της επιτάχυνσης και πάλι λόγω της διαφοροποιημένης κινητικότητας των οχημάτων από καθημερινές σε σαββατοκύριακο.

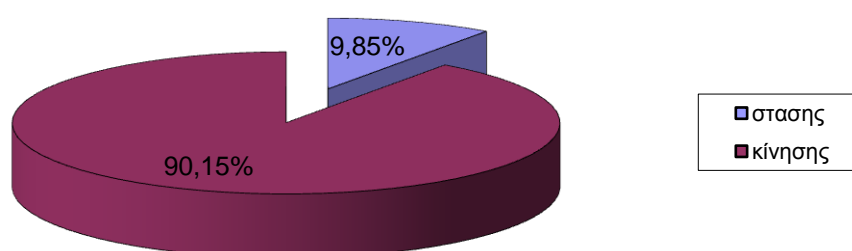


**Διάγραμμα 4.5:** Γραφική αποτύπωση της επιτάχυνσης ανά ημέρα



Στο διάγραμμα 4.6 παρουσιάζονται τα ολικά ποσοστά στάσης – κίνησης έτσι όπως εμφανίζονται μετά τους υπολογισμούς. Σύμφωνα με την επιλογή της διαδρομής και τις ιδιαιτερότητές της τα ποσοστά κρίνονται απολύτως φυσιολογικά.

### Ολικά Ποσοστά Στάσης-Κίνησης



**Διάγραμμα 4.6 :** Γραφική αποτύπωση ολικών ποσοστών στάσης – κίνησης

## 4.6 Κύκλος οδήγησης

Τα βασικότερα κριτήρια για την αξιολόγηση κάθε Κύκλου Οδήγησης (Κ.Ο.) συναρτήσει της ημέρας και διαδρομής είναι :

- Η μέση ωριαία ταχύτητα (km/hr)
- Η μέση ωριαία ταχύτητα χωρίς στάσεις (km/hr)
- Η μέση επιτάχυνση (m/s<sup>2</sup>)
- Η μέση επιβράδυνση (m/s<sup>2</sup>)
- Ο αριθμός στάσεων
- Το επί τοις εκατό ποσοστό στάσης
- Η χρονική διάρκεια διαδρομής (sec)

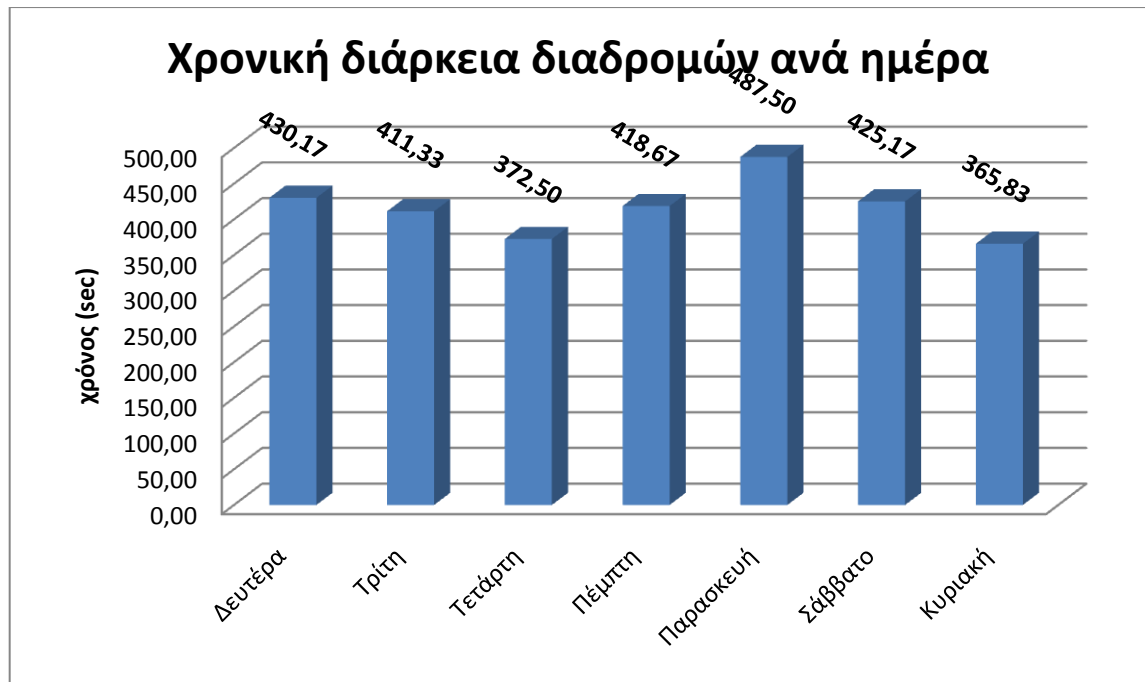
Οι τιμές των παραπάνω κριτηρίων που υπολογίστηκαν συγκριθήκαν με τις αντίστοιχες μέσες τιμές όλης την εβδομάδας του κύκλου οδήγησης (Κ.Ο). Οι

συγκεντρωτικές τιμές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.4.3. Παρατηρείται ότι, η διαδρομή που πλησιάζει περισσότερο στο σύνολο της τις μέσες τιμές με ποσοστό σύγκλισης 94,34% είναι αυτή της Τετάρτης βράδυ προς το κέντρο.

Χαρακτηριστικά	Μέσες τιμές μετρήσεων	Μέσες τιμές αντιπροσωπευτικής διαδρομής (Τετάρτη βράδυ προς)	Ποσοστό σύγκλισης
Μέση ωριαία ταχύτητα (km/hr)	26,34	27,29	0,96
Μέση ωριαία ταχύτητα χωρίς στάσεις (km/hr)	29,21	30,86	0,95
Μέση επιτάχυνση (m/s <sup>2</sup> )	0,41	0,43	0,96
Μέση επιβράδυνση (m/s <sup>2</sup> )	-0,42	-0,42	0,99
Αριθμός στάσεων	5	6,00	0,90
% στάσης	9,85%	0,12	0,85
Χρονική διάρκεια διαδρομής (sec)	416	415,00	1,00
Σύγκλιση			6,60
συνολικό ποσοστό σύγκλισης			94,34%

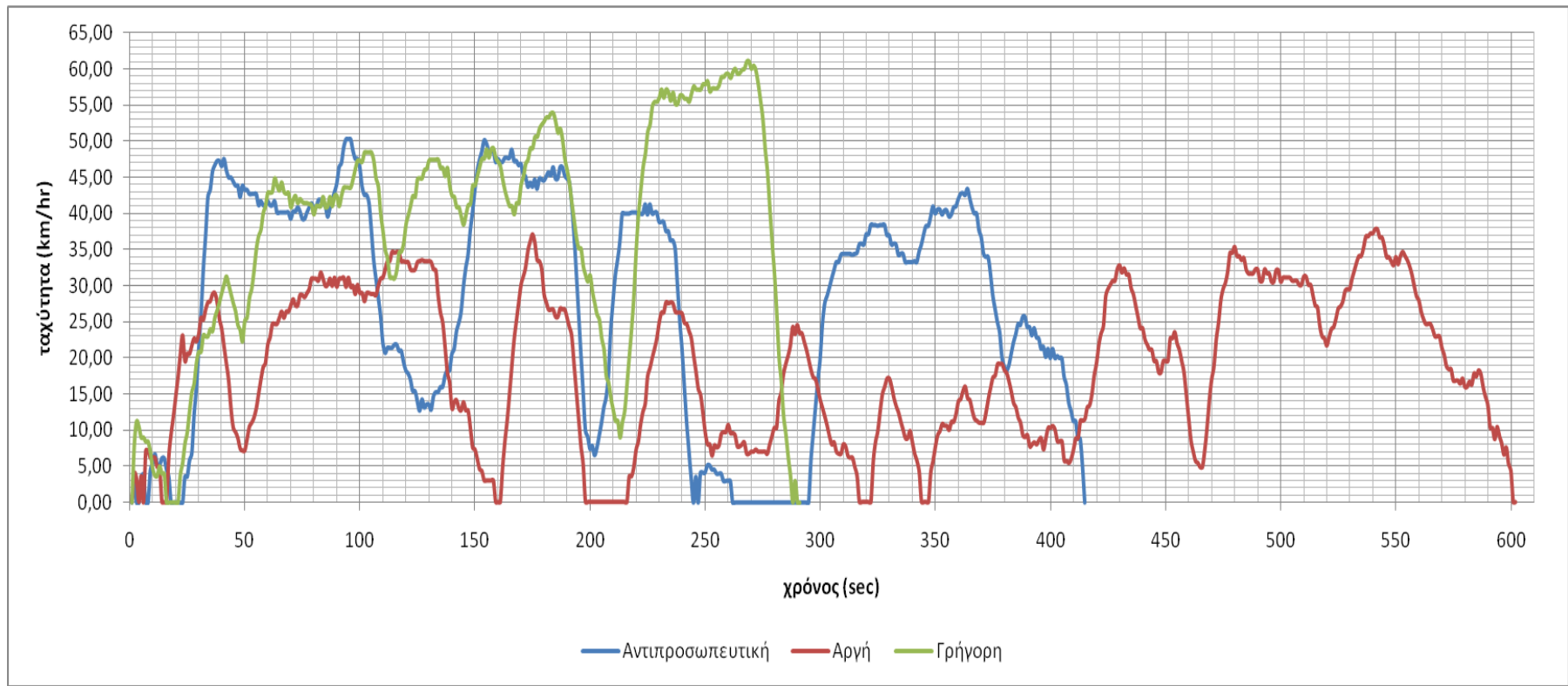
*Πίνακας 4.4: Συγκεντρωτικός πίνακας Κύκλου Οδήγησης*

Στη συνέχεια αναλύουμε ακόμα περισσότερο την διάρκεια της διαδρομής και έτσι έχουμε το διάγραμμα της διάρκειας ανά ημέρα. Αυτό που παρατηρούμε είναι πως η διαδρομή της Κυριακής και της Τετάρτης έχουν τις χαμηλότερες τιμές και αυτό οφείλεται στη μειωμένη κίνηση των οχημάτων αυτές τις ημέρες .



**Διάγραμμα 4.7:** Γραφική αποτύπωση χρόνου ολοκλήρωσης διαδρομής

Στο επόμενο διάγραμμα εμφανίζονται τα ποσοστά της αργής, της αντιπροσωπευτικής και της γρήγορης διαδρομής. Βλέπουμε ότι η γρήγορη διαδρομή έχει σαφώς μεγαλύτερες τιμές, η αργή μικρότερες και η αντιπροσωπευτική βρίσκεται ανάμεσα στις δύο.

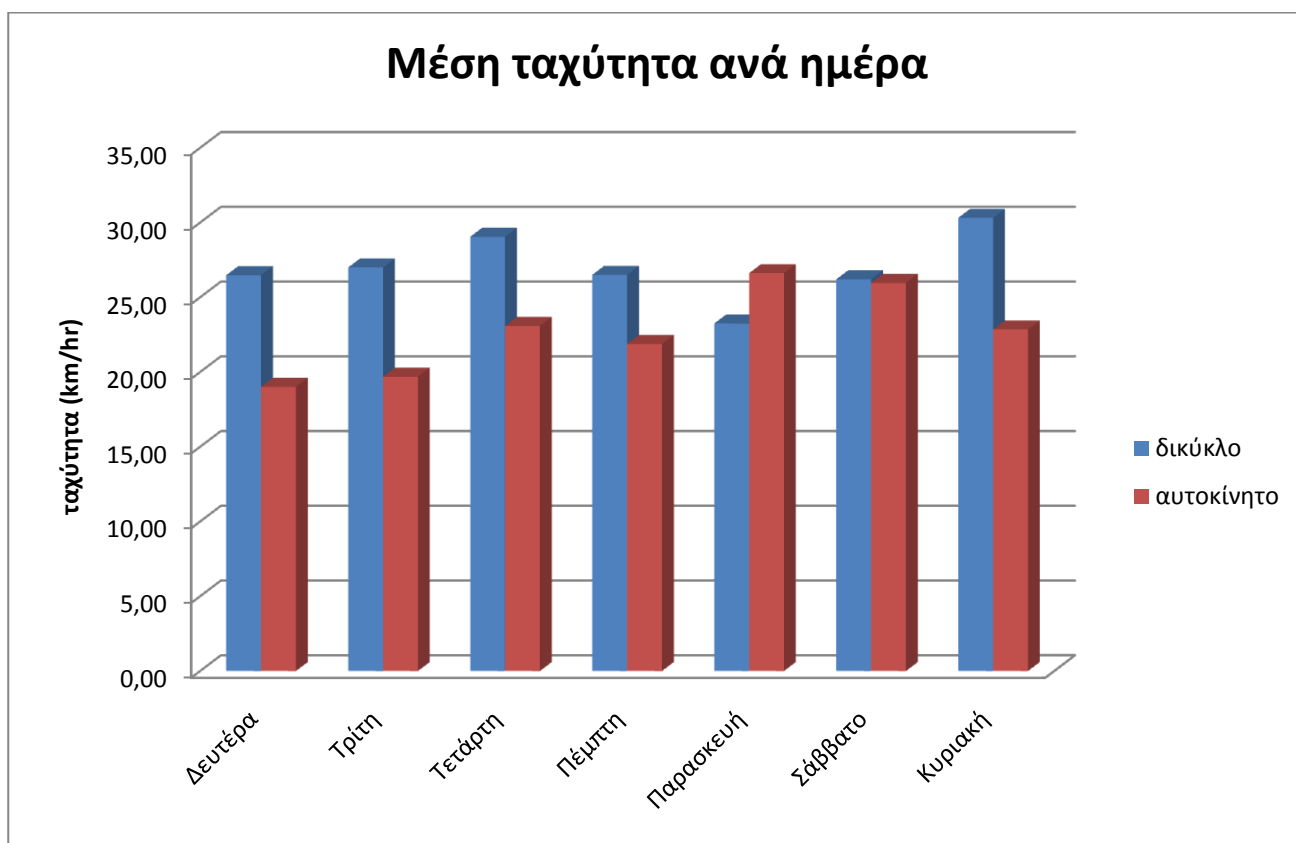


**Διάγραμμα 4.8 :** Γραφική αποτύπωση των ποσοστών της αργής, της αντιπροσωπευτικής και της γρήγορης διαδρομής συβαρτήσει του χρόνου

#### 4.7 Σύγκριση Κ.Ο. αυτοκινήτου με Κ.Ο. δίκυκλου

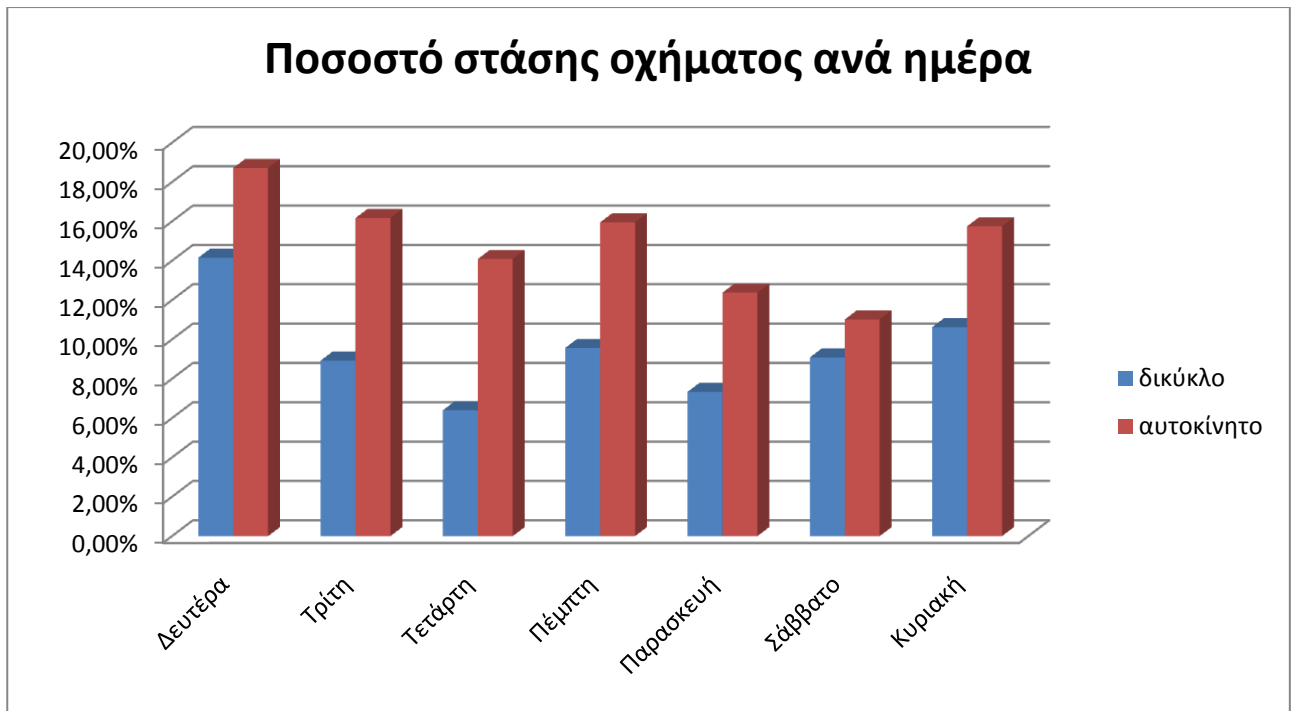
Στα διαγράμματα που παρουσιάζονται στη συνέχεια, γίνεται σύγκριση των τιμών του δίκυκλου με αυτές του αυτοκινήτου.

Το διάγραμμα 4.9, αναφέρεται στη μέση ταχύτητα ανά ημέρα. Παρατηρείται ότι η μεγαλύτερη μέγιστη ταχύτητα για το δίκυκλο παρουσιάζεται την Κυριακή, ενώ για το αυτοκίνητο την Παρασκευή. Τις καθημερινές βλέπουμε αυξομειώσεις στην ταχύτητα οι οποίες οφείλονται στην κυκλοφορία των οχημάτων.



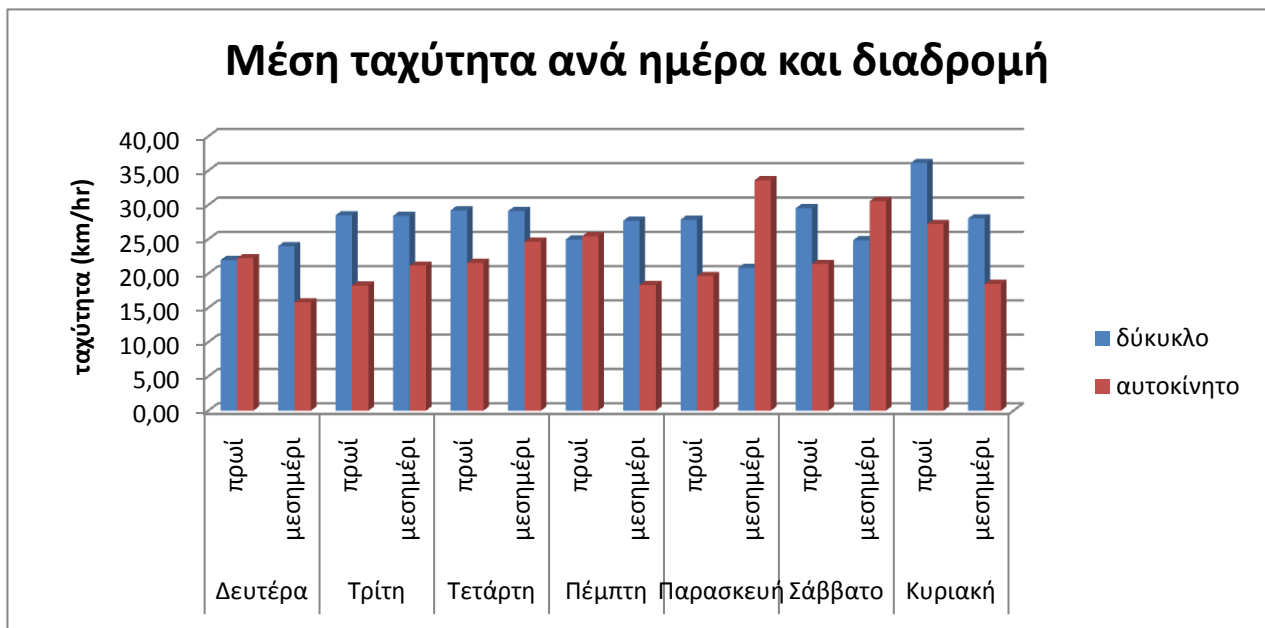
**Διάγραμμα 4.9:** Γραφική αποτύπωση της επιτάχυνσης ανά ημέρα για δίκυκλο και αυτοκίνητο.

Στο διάγραμμα 4.10, όπου αποτυπώνεται το ποσοστό στάσεων ανά ημέρα, παρατηρείται ότι στο δίκυκλο οι στάσεις είναι σχεδόν μηδενικές, ενώ στο αυτοκίνητο, ειδικά τη Δευτέρα, το ποσοστό αγγίζει το 18%.



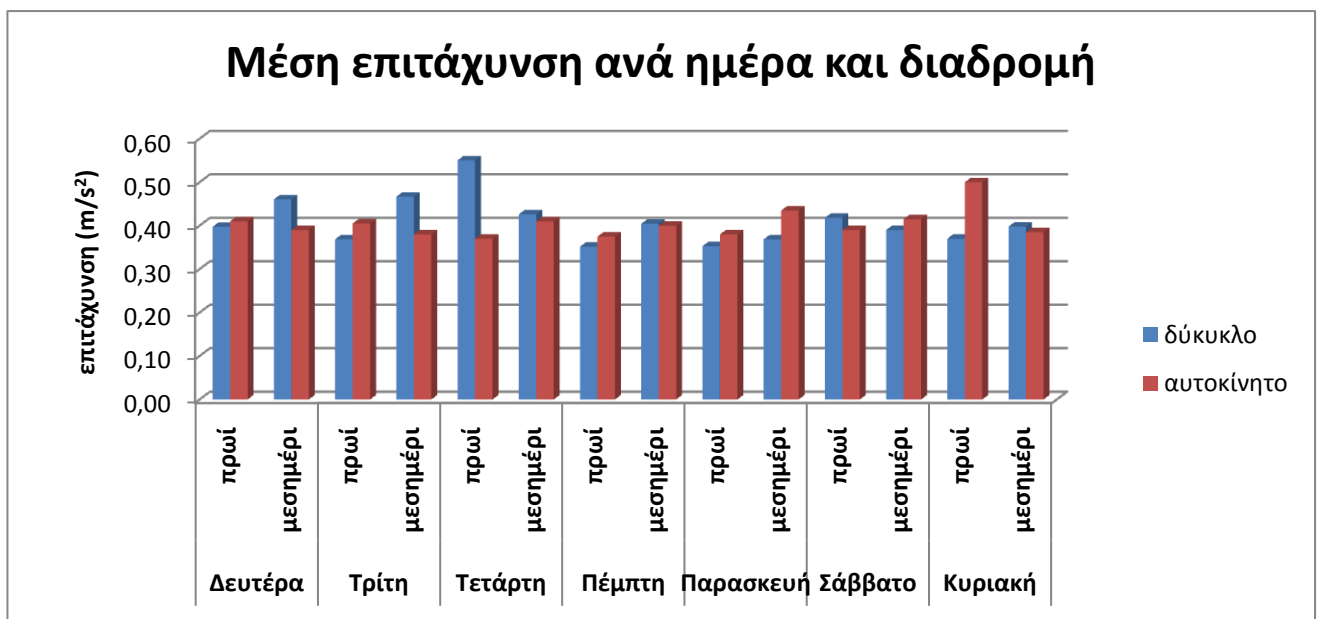
**Διάγραμμα 4.10:** Γραφική αποτύπωση του ποσοστού στάσης ανά ημέρα για δίκυκλο και αυτοκίνητο

Επιπλέον στο διάγραμμα 4.11 παρουσιάζεται και η μέση ταχύτητα της διαδρομής ανά ημέρα. παρατηρείται ότι το σαββατοκύριακο η μέση ταχύτητα παίρνει τις μεγαλύτερες τιμές λόγω της μειωμένης κίνησης οχημάτων. Παρόλα αυτά, η ταχύτητα του δικύκλου είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή του αυτοκινήτου.



**Διάγραμμα 4.11:** Γραφική αποτύπωση της μέσης ταχύτητας της διαδρομής ανά ημέρα για δίκυκλο και αυτοκίνητο

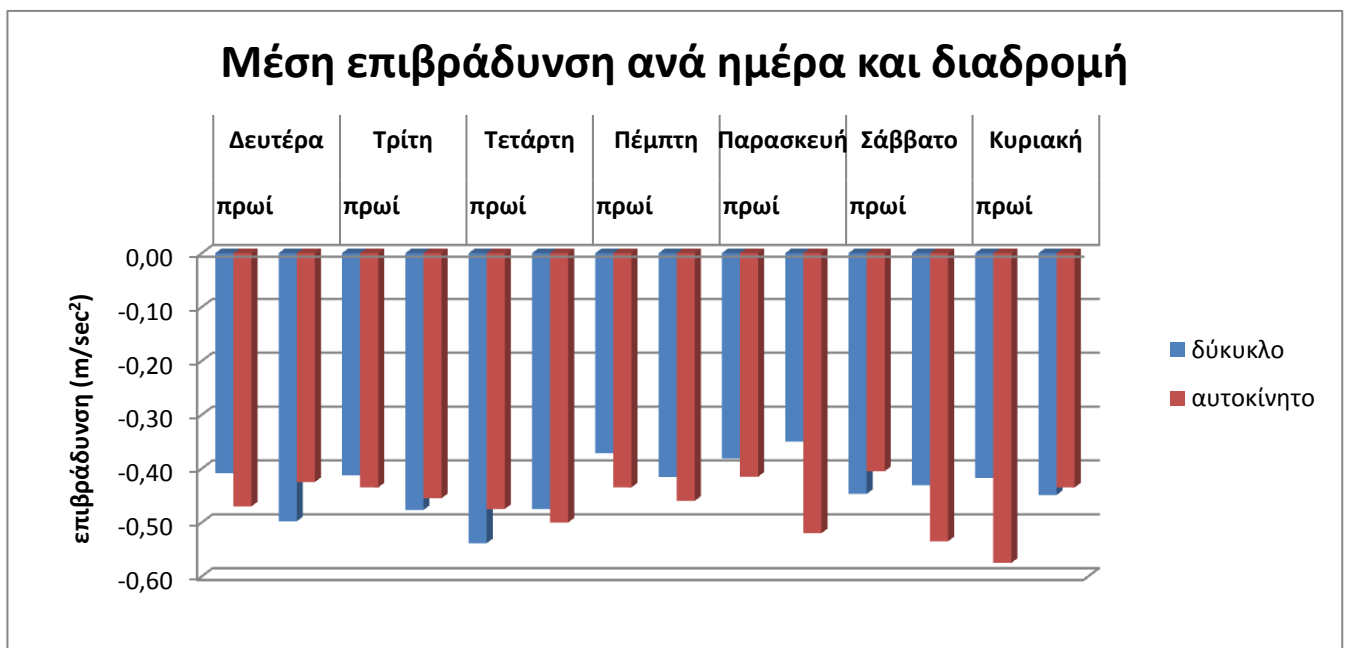
Στο διάγραμμα 4.12 παρουσιάζεται η μέση επιτάχυνση ανά ημέρα και διαδρομή. Αυτό που παρατηρείται είναι πως τις καθημερινές η μέση επιτάχυνση του δίκυκλου είναι μεγαλύτερη, ενώ το Σαββατοκύριακο που η κίνηση είναι μειωμένη το αυτοκίνητο είναι αυτό που έχει τη μεγαλύτερη τιμή.



**Διάγραμμα 4.12:** Γραφική αποτύπωση της επιτάχυνσης ανά ημέρα για δίκυκλο και αυτοκίνητο

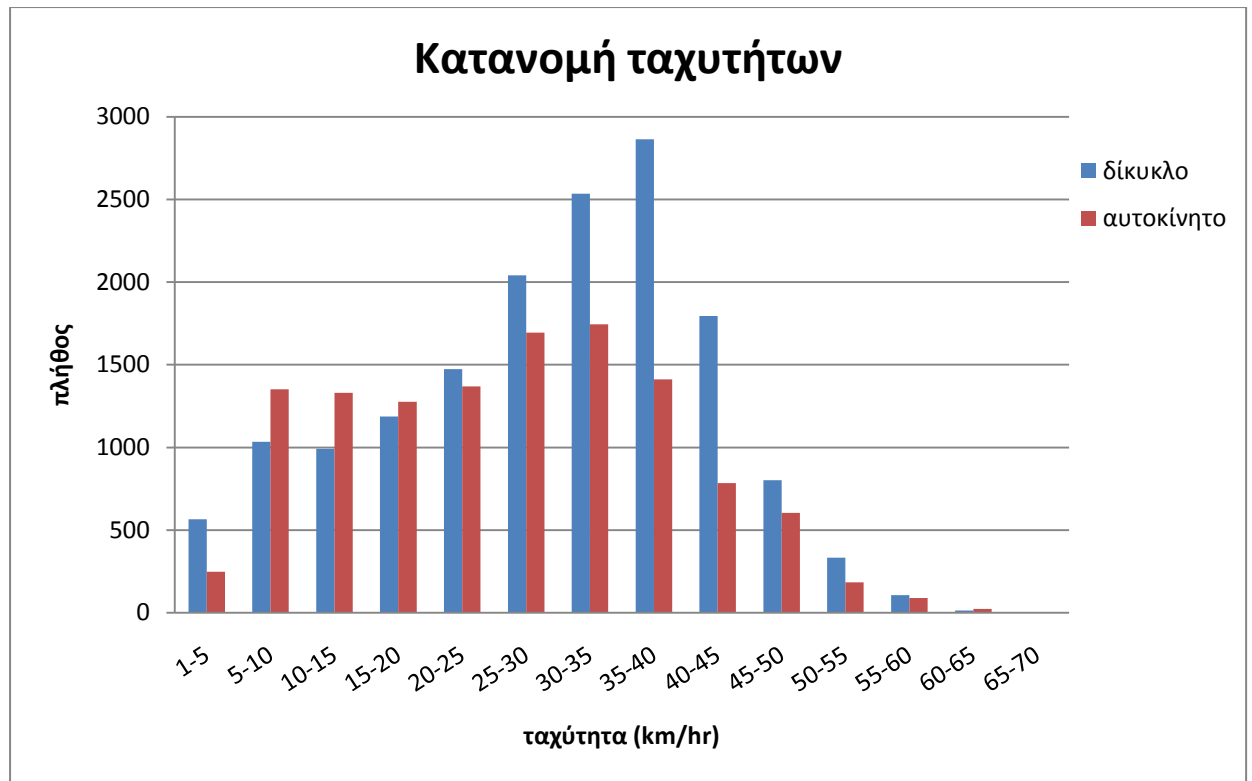
Στη συνέχεια στο διάγραμμα 4.13 παρουσιάζεται η μέση επιβράδυνση ανά ημέρα και διαδρομή. Εδώ σε αντιστοιχία με το διάγραμμα 4.12 έχουμε τα ίδια αποτελέσματα.

Συγκεντρωτικά οι κατανομές των ταχυτήτων για το δίκυκλο και το αυτοκίνητο ανά εύρος ταχυτήτων από 1 έως 70 km/h με βήμα 5 km/h παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 4.14. Διαπιστώνεται, ότι το αυτοκίνητο μετά την εκκίνησή του έχει πολύ μικρότερες αυξομειώσεις ταχύτητας συγκριτικά με το δίκυκλο, το οποίο μπορεί να ελίσσεται καλύτερα εντός πόλεως και να κινείται με ταχύτητες από 25 km/h έως 45 km/h πολύ συχνότερα.



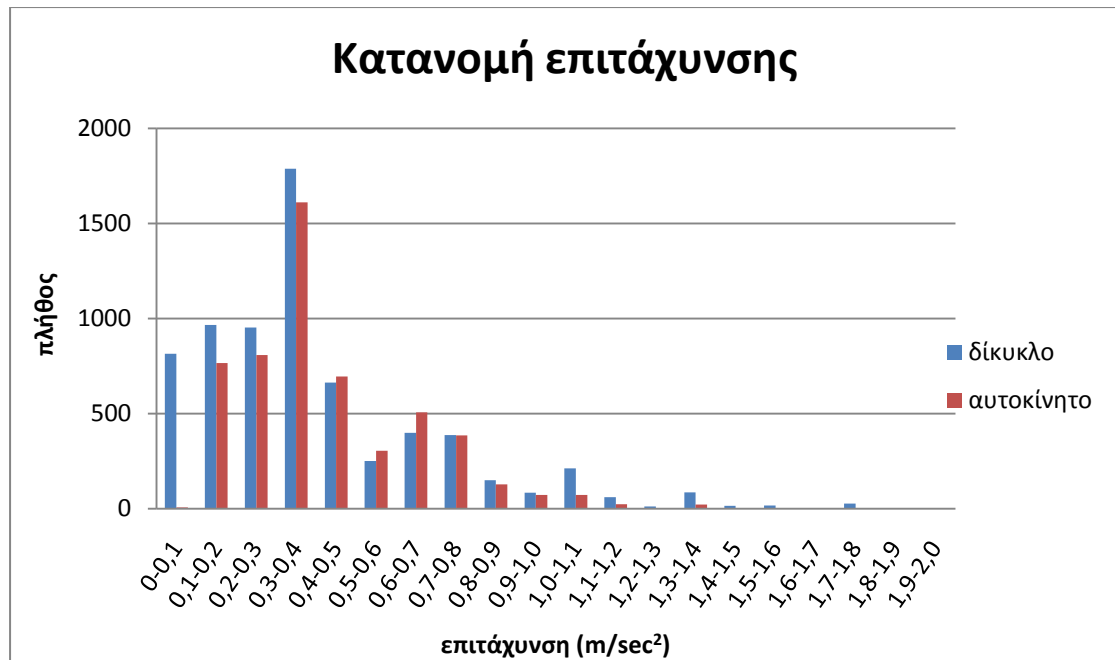
**Διάγραμμα 4.13:** Γραφική αποτύπωση της επιβράδυνσης ανά ημέρα για δίκυκλο και αυτοκίνητο.





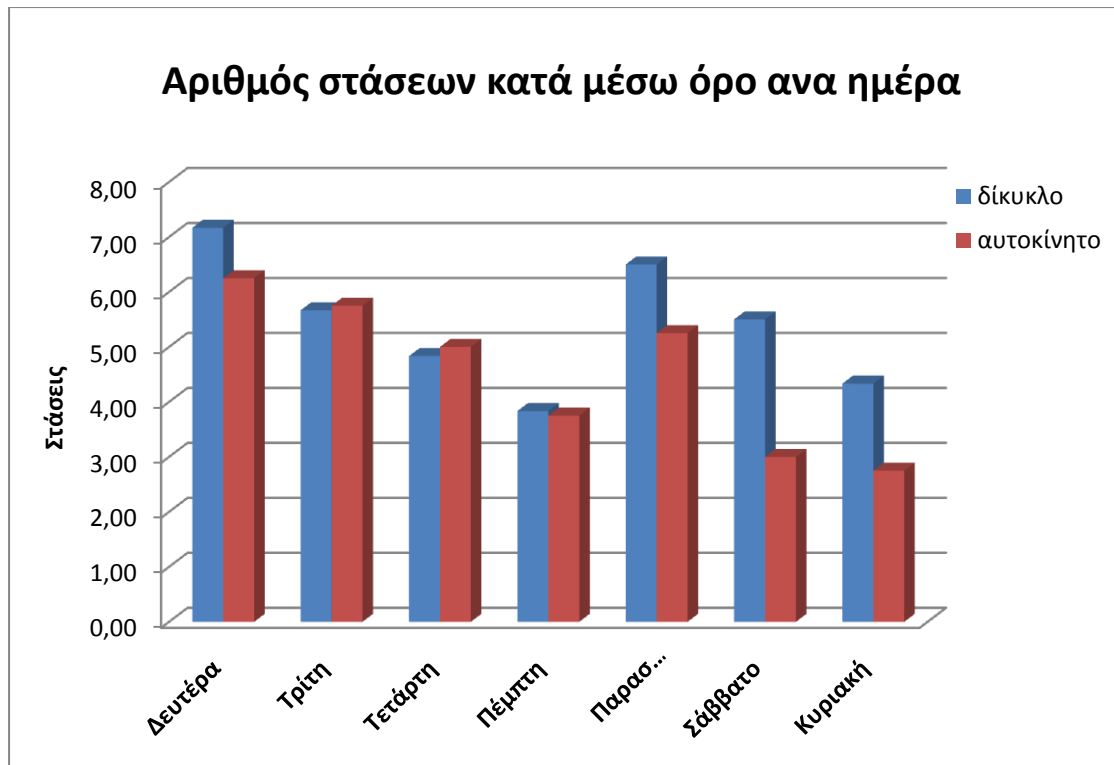
**Διάγραμμα 4.14:** Γραφική αποτύπωση της κατανομής ταχυτήτων για δίκυκλο και αυτοκίνητο.

Σε αντίστοιχα συμπεράσματα καταλήγουμε και από τα δεδομένα του διαγράμματος 4.15, όπου αποτυπώνονται η κατανομή της επιτάχυνσης για το δίκυκλο και το αυτοκίνητο είναι για ένα εύρος τιμών από 0 έως 2 m/sec. Το δίκυκλο είναι 800 φορές πιο γρήγορο σε μικρές επιταχύνσεις, ενώ σε μεγαλύτερες τιμές επιτάχυνσης η διαφοροποίησή τους κυμαίνεται σε ποσοστό μικρότερο του 10%.



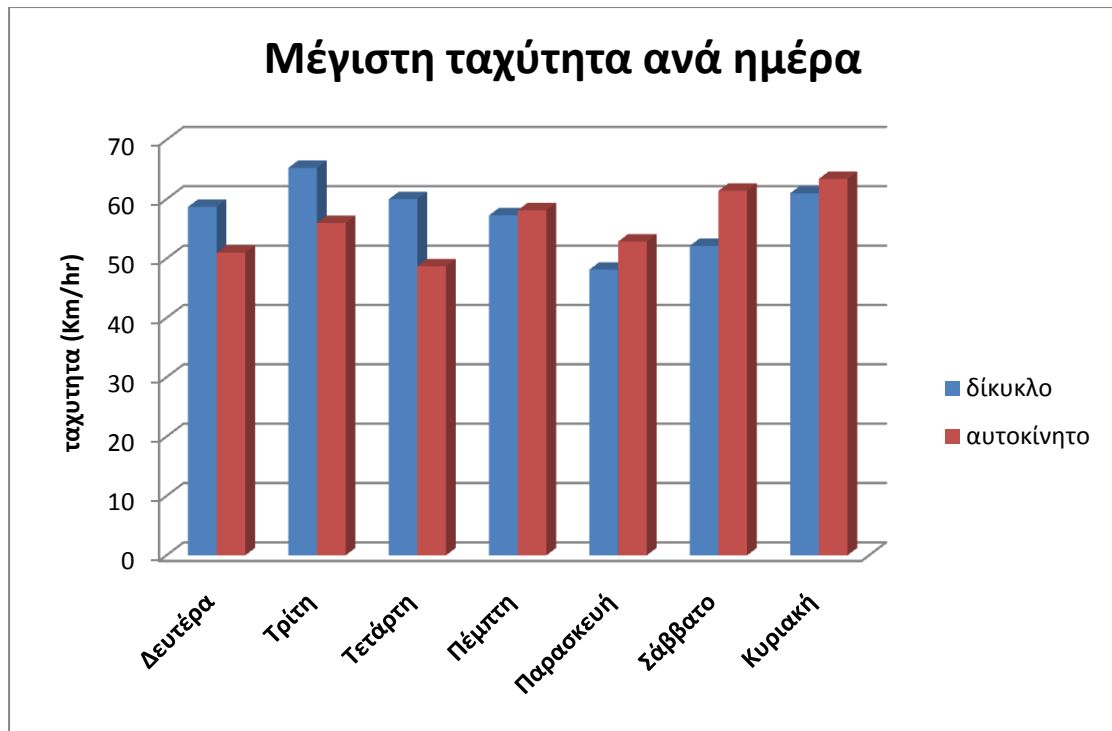
**Διάγραμμα 4.15:** Γραφική αποτύπωση της κατανομής της επιτάχυνσης για δίκυκλο και αυτοκίνητο.

Στο διάγραμμα 4.16 φαίνεται ότι το δίκυκλο κάνει πολλές περισσότερες στάσεις για της ημέρες από Παρασκευή έως και Δευτέρα, ενώ για τις υπόλοιπες ημέρες οι διαφορές τους είναι πολύ μικρές.



**Διάγραμμα 4.16:** Γραφική αποτύπωση των αριθμών των στάσεων ανά ημέρα για δίκυκλο και αυτοκίνητο.

Στο διάγραμμα 4.17 παρουσιάζεται η μέγιστη ταχύτητα σε km/h ανά ημέρα για το δίκυκλο και το αυτοκίνητο. Παρατηρείται ότι η μεγαλύτερη μέγιστη ταχύτητα για το δίκυκλο παρουσιάζεται την Τρίτη, ενώ για το αυτοκίνητο την Κυριακή. Τις καθημερινές βλέπουμε αυξομειώσεις στην ταχύτητα οι οποίες οφείλονται στην κυκλοφορία των οχημάτων.



**Διάγραμμα 4.17:** Γραφική αποτύπωση των μέγιστων ταχυτήτων ανά ημέρα για δίκυκλο και αυτοκίνητο.

#### 4.8 Συμπεράσματα

Από τα διαγράμματα του ποσοστού στάσης, της μέσης ταχύτητας χωρίς στάσεις, της μέσης ταχύτητας για όλες τις μέρες και ώρες των μετρήσεων, της επιτάχυνσης και της επιβράδυνσης. Παρατηρείται ότι:

- Τις καθημερινές το ποσοστό στάσης έχει μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με το Σαββατοκύριακο
- Το σαββατοκύριακο η μέση ταχύτητα, όπως και η μέση ταχύτητα χωρίς στάσεις έχει μεγαλύτερες τιμές λόγω του ότι η κίνηση των οχημάτων είναι περιορισμένη τις μέρες αυτές.
- Την Τετάρτη είναι μεγαλύτερες οι μεγαλύτερες τιμές της επιτάχυνσης, λόγω χαμηλής κίνησης στους δρόμους
- Οι τιμές της επιβράδυνσης είναι περίπου οι ίδιες με αυτές της επιτάχυνσης και πάλι λόγω της διαφοροποιημένης κινητικότητας των οχημάτων από καθημερινές σε σαββατοκύριακο

Συγκρίνοντας τα βασικότερα κριτήρια για την αξιολόγηση κάθε Κύκλου Οδήγησης για το δίκυκλο με αυτά του αυτοκινήτου, διαπιστώνεται ότι:

- Η μεγαλύτερη μέγιστη ταχύτητα για το δίκυκλο παρουσιάζεται την Κυριακή, ενώ για το αυτοκίνητο την Παρασκευή.
- Το ποσοστό στάσεων ανά ημέρα, για το δίκυκλο είναι σχεδόν μηδενικές, ενώ στο αυτοκίνητο, ειδικά τη Δευτέρα, το ποσοστό αγγίζει το 18%.
- Το σαββατοκύριακο η μέση ταχύτητα παίρνει τις μεγαλύτερες τιμές λόγω της μειωμένης κίνησης οχημάτων. Παρόλα αυτά, η ταχύτητα του δίκυκλου είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή του αυτοκινήτου.
- Η μέση επιτάχυνση του δίκυκλου είναι μεγαλύτερη, ενώ το Σαββατοκύριακο που η κίνηση είναι μειωμένη το αυτοκίνητο είναι αυτό που έχει τη μεγαλύτερη τιμή.
- Το αυτοκίνητο μετά την εκκίνησή του έχει πολύ μικρότερες αυξομειώσεις ταχύτητας συγκριτικά με το δίκυκλο, το οποίο μπορεί να ελίσσεται καλύτερα εντός πόλεως και να κινείται με ταχύτητες από 25 km/h έως 45 km/h πολύ συχνότερα.
- Το δίκυκλο είναι 800 φορές πιο γρήγορο σε μικρές επιταχύνσεις, ενώ σε μεγαλύτερες τιμές επιτάχυνσης η διαφοροποίησή τους κυμαίνεται σε ποσοστό μικρότερο του 10%.
- Το δίκυκλο κάνει πολλές περισσότερες στάσεις για της ημέρες από Παρασκευή έως και Δευτέρα, ενώ για τις υπόλοιπες ημέρες οι διαφορές τους είναι πολύ μικρές
- Η μεγαλύτερη μέγιστη ταχύτητα για το δίκυκλο παρουσιάζεται την Τρίτη, ενώ για το αυτοκίνητο την Κυριακή.
- Η διαδρομή της Κυριακής και της Τετάρτης έχουν τις χαμηλότερες τιμές και αυτό οφείλεται στη μειωμένη κίνηση των οχημάτων αυτές τις ημέρες .

## Βιβλιογραφία

1. «Ατμοσφαιρική ρυπανση», Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων  
Διεύθυνση Σπουδών 2<sup>ο</sup>βάθμιας εκπαίδευσης
2. [http://kpe-kastor.kas.sch.gr/biodiversity\\_site/b/biodiversity.htm](http://kpe-kastor.kas.sch.gr/biodiversity_site/b/biodiversity.htm)
3. [http://www3.aegean.gr/gympeir/thermokipio.htm&h=161&w=314&tbnid=diXiWNldhIbBNM:&tbnh=102&tbnw=200&zoom=1&usg=\\_\\_0aMtn4rLWje7DTlrAjhEIsnwfTM=&docid=mWKqPCkC6fzyoM&itg=1&sa=X&ei=riwrU8aAca0tAbgkYCYAQ&sqi=2&ved=0ClwBEPwdMAo](http://www3.aegean.gr/gympeir/thermokipio.htm&h=161&w=314&tbnid=diXiWNldhIbBNM:&tbnh=102&tbnw=200&zoom=1&usg=__0aMtn4rLWje7DTlrAjhEIsnwfTM=&docid=mWKqPCkC6fzyoM&itg=1&sa=X&ei=riwrU8aAca0tAbgkYCYAQ&sqi=2&ved=0ClwBEPwdMAo)
4. [http://www.chemeng.ntua.gr/courses/dpm/pdf-files/14-vardaka-OKSINH\\_BROXH-2005-6.pdf](http://www.chemeng.ntua.gr/courses/dpm/pdf-files/14-vardaka-OKSINH_BROXH-2005-6.pdf)
5. [http://5dim-pyrgou.ilei.sch.gr/climate/html/acid\\_rain.htm](http://5dim-pyrgou.ilei.sch.gr/climate/html/acid_rain.htm)
6. <http://physicsgg.me/2013/10/25/m%CE%B9%CE%BA%CF%81%CF%8C%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%B7-%CE%B7-%CF%84%CF%81%CF%8D%CF%80%CE%B1-%CF%84%CE%BF%CF%85-%CF%8C%CE%B6%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%BF%CF%82-%CF%84%CE%BF-2013/>
7. [http://kpe-kastor.kas.sch.gr/biodiversity\\_site/b/biodiversity.htm](http://kpe-kastor.kas.sch.gr/biodiversity_site/b/biodiversity.htm)
8. Ε.Τζιράκης «Συσχετισμός εκπομπών με φυσικοχημικές ιδιότητες των καυσίμων και με δεδομένα από την κίνηση των οχημάτων στο λεκανοπέδιο της Αττικής». ΕΜΠ, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Ιούλιος 2007
9. <http://ec.europa.eu/environment/air/transport/road.htm>
10. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32005L0055:EN:NOT>
11. <https://www.dieselnet.com/standards/eu/ld.php>
12. PG Boutler, US Latham, M Aigne. “Driving cycles for measuring car emissions on roads with traffic calming measures”. The Science of the Total Environment 235,1999. pp. 77-89
13. T. Austin, F.J. DiGenova, T.R. Carlson, R.W. Joy, K.A. Gianolini, J.M. Lee. (1993). “Characterisation of driving patterns and emissions from light duty

- vehicles in California". The Final Report, Sacramento, California: Air Research Board, A, pp.932-185
14. Michel Andre. (2004). "The ARTEMIS European driving cycles for measuring car pollutant emissions". Science of the Total Environment 334– 335 pp. 73–84
  15. Kuhler M., Karstens D. (1978). "Improved driving cycle for testing automotive exhaust emissions". SAE Technical Paper, Series 780650.
  16. M. Andre. (1996). "Driving cycles development: characterization of methods". SAE Paper 961112
  17. I. Fomunung, S. Washington, R. Guensler. (1999). "A statistical model for estimating oxides of nitrogen emissions from light duty motor vehicles". Transportation Research, Part Elsevier, pp. 333-352.
  18. E. Ericsson. "The relationship between vehicular fuel consumption and exhaust emission and the characteristics of driving patterns". Urban Transport Vproceedings of the 5th international conference on urban transport and the environment for the 21st Century. WIT Press, Southampton UK, pp137-148
  19. E. Ericsson. (2001). "Independent driving pattern factors and their influence on fuel use and exhaust emission factors". Transportation research Part D 6, pp325-345.
  20. E. Tzirakis, K. Pitsas, F. Zannikos and S. Stournas: "Vehicle Emissions and Driving Cycles: Comparison of the Athens Driving Cycle (ADC) with ECE-15 and European Driving cycle (EDC)". Global NEST Journal, Ref. No: GNEST09/012/05/376. Volume 8, Number 3, 2006. pp. 282-290
  21. M Weilenmann, P Novak. (2006). "The rising importance of two-wheelers emissions – a comparison to cars". 2nd conf. Environment & Transport incl. 15<sup>th</sup> Transport and Air Pollution, Reims France 12-14 June 2006, proceedings no 107 Vol.1 Inrets ed., Arcuei, France 2006, pp. 239-246
  22. Shing Tet Leonga, S. Muttamaraa, Preecha Laortanakul. (2002). "Influence of benzene emission from motorcycles on Bangkok air quality". Atmospheric Environment 36, pp.651–661

23. K.S. Chen, W.C. Wang , H.M. Chen , C.F. Lin , H.C. Hsu , J.H. Kao , M.T. Hu. (2003). “Motorcycle emissions and fuel consumption in urban and rural driving conditions”. The Science of the Total Environment 312, pp. 113–122
24. Dirks, KN, Johns, MD, Hay, JE, and Sturman, AP (2003) A semi-empirical model for predicting the effect of changes in traffic flow patterns on carbon monoxide concentrations, Atmospheric Environment , 37 , pp. 2719-2724
25. Leong, ST, Muttamara, S., and Laortanakul, P. (2002) Influence of benzene emission from motorcycles on Bangkok air quality, Atmospheric Environment , 36 , pp. 651-661
26. Sukanya Tamsanya , Supachart Chungpaibulpattana και Surat Atthajariyakul School of Manufacturing Systems and Mechanical Engineering, Sirindhorn International Institute of Technology, Thammasat University, Pathumthani, Thailand
27. Jye Chen, 1997/06 Ινστιτούτο Κυκλοφορίας & Μεταφορών, Εθνική Chiao Tung University
28. A.Esteves Booth The measurement of vehicular driving cycle within the city of Edinburg Transportation Research Part D6 (2001) 209-220
29. [http://dieselnet.com/standards/cycles/jp\\_10-15mode.php](http://dieselnet.com/standards/cycles/jp_10-15mode.php)
30. [http://dieselnet.com/standards/us/ca\\_ghg.php](http://dieselnet.com/standards/us/ca_ghg.php)
31. <http://dieselnet.com/standards/cycles/nycc.php>
32. <http://dieselnet.com/standards/cycles/artemis.php>
33. <http://dieselnet.com/standards/cycles/braunschweig.php>
34. <http://dieselnet.com/standards/cycles/wvu5.php>



