



**ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΗΣ /ΑΣΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ**  
**ΕΠΙΒΑΤΙΚΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΑΤΤΙΚΗΣ**

**ΜΕΓΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ**

**ΑΜ : tm6095**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΤΖΙΡΑΚΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ**

**ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2023**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία γίνεται προσπάθεια να σχεδιαστεί ένας κύκλος οδήγησης που να αντιπροσωπεύει την οδηγική συμπεριφορά των οδηγών της ευρύτερης περιοχής της Αττικής. Σαν περιοχή καταγραφών σαν περιοχή δοκίμων και καταγραφών επιλέχτηκε μία περιοχή του νότιου παραλιακού μετώπου της Αττικής που συνδυάζει στην εναλλαγή της κυκλοφορίας μεταξύ αστικών περιοχών και μεγάλων περιφερειακών λεωφόρων της Αττικής.

Οι κύκλοι οδήγησης αναπτύχθηκαν τόσο για την αξιολόγηση των αποδόσεων των οχημάτων, όσο και για τη μελέτη της συμμετοχής τους στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Ως εκ τούτου το **1<sup>ο</sup> κεφάλαιο** ασχολείται με τους ατμοσφαιρικούς ρύπους που προέρχονται από τα αυτοκίνητα και τα προβλήματα που αυτοί δημιουργούν.

Στο **2<sup>ο</sup> κεφάλαιο** της εργασίας παρουσιάζεται η Ευρωπαϊκή πολιτική που ασκήθηκε τις τελευταίες δεκαετίες προκειμένου να μειωθούν οι ρύποι που προέρχονται από τα αυτοκίνητα. Επίσης παρουσιάζονται τα Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών που ισχύουν στην Ευρωπαϊκή Ένωση για ελαφρά οχήματα και η εξέλιξη αυτών των προτύπων χρονικά.

Στο **3<sup>ο</sup> κεφάλαιο** αναλύονται και παρουσιάζονται οι σπουδαιότεροι θεσμοθετημένοι κύκλοι οδήγησης σε Ευρώπη, ΗΠΑ και Ιαπωνία καθώς και οι Real World κύκλοι οδήγησης. Στο ίδιο κεφάλαιο αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο συλλέγονται δεδομένα προκειμένου να σχεδιαστεί ένας κύκλος οδήγησης.

Η μεθοδολογία του σχεδιασμού και της κατασκευής ενός κύκλου οδήγησης παρουσιάζεται στο **4<sup>ο</sup> κεφάλαιο** της εργασίας, όπου αναλύονται τα κριτήρια με τα οποία επιλέγουμε τη διαδρομή μετρήσεων, τον τρόπο συλλογής και φιλτράρισμα των δεδομένων και το φιλτράρισμα τους και πώς τελικά από τα δεδομένα θα σχεδιάσουμε ένα κύκλο οδήγησης.

Στο **5<sup>ο</sup> κεφάλαιο** της εργασίας παρουσιάζεται η προεργασία, καθώς και οι διαδικασίες που ακολουθήθηκαν προκειμένου να πάρουμε τις μετρήσεις για να σχεδιάσουμε τον κύκλο οδήγησης. Παρουσιάζεται επίσης το όχημα ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για το λόγο αυτό.

Στο **6<sup>ο</sup> κεφάλαιο** αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο επεξεργαστήκαμε τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από επαναλαμβανόμενες δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν στην επιλεγμένη

διαδρομή. Στο ίδιο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επεξεργασίας και τα επιμέρους συμπεράσματα που βγήκαν από τα αποτελέσματα. Τέλος γίνεται η κατασκευή του κύκλου οδήγησης, με τη σχεδίαση των διαγραμμάτων ταχύτητας και επιτάχυνσης της διαδρομής μας, καθώς και η αξιολόγηση του κύκλου.

Τέλος τα συμπεράσματα που προκύπτουν, από τον κύκλο οδήγησης που σχεδιάσαμε, για την οδηγική συμπεριφορά στη συγκεκριμένη περιοχή της Αττικής παρουσιάζονται στο **7<sup>ο</sup> κεφάλαιο** της παρούσας εργασίας.

## ABSTRACT

In this thesis, an attempt is made to design a driving cycle that represents the driving behavior of the drivers of the wider Attica region. An area of the southern coastal front of Attica was chosen as a test and recording area, which combines traffic interchange between urban areas and large regional avenues of Attica.

Driving cycles were developed both to evaluate vehicle performance and to study their contribution to air pollution. Therefore, the 1st chapter deals with atmospheric pollutants coming from cars and the problems they create.

In the 2nd chapter of the work, the European policy implemented in the last decades is presented in order to reduce the pollutants coming from cars. The European emission standards applicable in the European Union for light vehicles and the evolution of these standards over time are also presented.

In the 3rd chapter, the most important institutionalized driving cycles in Europe, USA and Japan as well as the Real World driving cycles are analyzed and presented. The same chapter analyzes how data is collected in order to design a driving cycle.

The methodology for the design and construction of a driving cycle is presented in the 4th chapter of the work, where the criteria by which we choose the measurement path, the way of collecting and filtering the data and its filtering are analyzed and how we will finally design a cycle from the data driving.

In the 5th chapter of the paper, the pre-work is presented, as well as the procedures followed in order to take the measurements to design the driving cycle. The vehicle and the equipment used for this purpose are also presented.

Chapter 6 analyzes how we processed the data collected from repeated tests carried out on the selected route. In the same chapter, the results of the processing and the individual conclusions drawn from the results are presented. Finally, the construction of the driving cycle is done, with the drawing of the speed and acceleration diagrams of our route, as well as the evaluation of the cycle.

Finally, the conclusions drawn from the driving cycle we designed, for driving behavior in the specific area of Attica, are presented in the 7th chapter of this paper.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	2
ABSTRACT.....	4
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	5
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ.....	8
<b>1. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΚΑΙ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ.....</b>	<b>10</b>
1.1. Ατμοσφαιρικοί Ρύποι από Κινητήρες Εσωτερικής Καύσης και επιπτώσεις 11	
1.2. Συμμετοχή στην ατμοσφαιρική ρύπανση των οχημάτων που κινούνται με κινητήρες εσωτερικής καύσης.....	14
<b>2. ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ ΤΙΣ ΟΔΙΚΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ.....</b>	<b>15</b>
2.1. Ιστορική αναδρομή.....	15
2.2. Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών για ελαφρά οχήματα.....	17
2.3. Αναλυτική Παρουσίαση των προτύπων Euro 1 -Euro 6 για ελαφρά οχήματα 19	
<b>3. ΚΥΚΛΟΙ ΟΔΗΓΗΣΗΣ.....</b>	<b>24</b>
3.1. Δυναμομετρική εξέδρα οχήματος.....	24
3.2. Οι σπουδαιότεροι θεσμοθετημένοι κύκλοι οδήγησης.....	26
3.2.1. Οι Ευρωπαϊκοί κύκλοι οδήγησης.....	26
3.2.2. Ο κύκλος WLTP.....	28
3.2.3. Ο Αμερικάνικος κύκλος FTP-75 και οι προσθήκες του.....	32
3.2.4. Οι Ιαπωνικοί κύκλοι οδήγησης.....	35
3.3. Real World κύκλοι οδήγησης.....	36
3.3.1. Οι κύκλοι οδήγησης Artemis.....	36
<b>4. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΝΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΟΔΗΓΗΣΗΣ.....</b>	<b>39</b>

4.1.	Επιλογή της διαδρομής.....	39
4.2.	Συλλογή δεδομένων οδήγησης.....	39
4.3.	Φιλτράρισμα δεδομένων.....	40
4.4.	Κατασκευή του κύκλου με τη μέθοδο των mikrotrips .....	40
5.	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ-ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ .....	42
5.1.	Η διαδρομή των δοκιμών .....	42
5.2.	Το αυτοκίνητο των δοκιμών.....	43
5.3.	Η συσκευή και η εφαρμογή καταγραφής.....	44
6.	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ-ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ.....	48
6.1.	Τρόπος υπολογισμού ταχυτήτων και επιταχύνσεων και στάσεων.....	48
6.2.	Μέση ταχύτητα.....	50
6.3.	Μέση ταχύτητα χωρίς στάση .....	51
6.4.	Μέση επιτάχυνση.....	52
6.5.	Μέση επιβράδυνση.....	53
6.6.	Μέσο ποσοστό στάσης .....	54
6.7.	Μέσος αριθμός στάσεων .....	55
6.8.	Κατασκευή του κύκλου .....	56
6.9.	Αξιολόγηση του κύκλου οδήγησης .....	59
7.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	61
	Βιβλιογραφία .....	63

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1-1: Ατμοσφαιρική ρύπανση.....	10
Εικόνα 1-2 : Επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία .....	13
Εικόνα 3-1 :Διάταξη δυναμομετρικής εξέδρας .....	25
Εικόνα 3-2 : Αυτοκίνητο σε δυναμομετρική εξέδρα.....	26
Εικόνα 3-3 : Στόχοι του WLTP .....	29
Εικόνα 3-4 :Αυτοκίνητο με φορητά συστήματα μέτρησης εκπομπών (PEMS)...	31
Εικόνα 4-1 : Φορητοί διαγνωστικοί σαρωτές OBDII.....	40
Εικόνα 5-1 : Η διαδρομή των δοκιμών. ....	42
Εικόνα 5-2 : Το αυτοκίνητο των δοκιμών TOYOTA Yaris 1.5 HDF style Bi-t. ..	43
Εικόνα 5-3 : Η διαγνωστική συσκευή KW903 της εταιρείας KONNWEI.....	45
Εικόνα 5-4 : Αρχείο excel με δεδομένα από το KW903. ....	47

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1 : Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών για επιβατικά αυτοκίνητα.....	19
Πίνακας 2.2 :Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών για ελαφρά επαγγελματικά οχήματα μάζας $\leq 1305$ kg.....	20
Πίνακας 2.3 Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών για επαγγελματικά οχήματα μάζας 1305-1760 kg .....	21
Πίνακας 2.4 : Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών για επαγγελματικά οχήματα μάζας 1760-3500 kg.....	22
Πίνακας 6.1 : Μέσες τιμές ταχύτητας, επιτάχυνσης, επιβράδυνσης, και στάσης	49

Πίνακας 6.2 : Μέση ταχύτητα ανά ημέρα.....	50
Πίνακας 6.3 : Μέση ταχύτητα χωρίς στάση ανά ημέρα. ....	51
Πίνακας 6.4 : Μέση επιτάχυνση ανά ημέρα. ....	52
Πίνακας 6.5 : Μέση επιβράδυνση ανά ημέρα.....	53
Πίνακας 6.6 : Μέσο ποσοστό στάσης ανά ημέρα. ....	54
Πίνακας 6.7 : Μέσος αριθμός στάσεων ανά ημέρα. ....	55
Πίνακας 6.8 : Επιλογή αντιπροσωπευτικής διαδρομή. ....	57

## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ**

Γράφημα 1.1 : : Συμβολή του τομέα των μεταφορών στις συνολικές εκπομπές των κύριων ατμοσφαιρικών ρύπων .....	14
Γράφημα 2.1 : Τάσεις στις εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων από τις μεταφορές	16
Γράφημα 3.1 : Διακύμανση ταχύτητας κατά τη διάρκεια του NEDC. ....	27
Γράφημα 3.2 : Διακύμανση ταχύτητας κατά τη διάρκεια των τεσσάρων κύκλων WLTC. ....	30
Γράφημα 3.3 : Διακύμανση ταχύτητας κατά τη διάρκεια των τεσσάρων κύκλων FTP-75.....	32
Γράφημα 3.4 : Διακύμανση ταχύτητας του HWFET .....	33
Γράφημα 3.5 : Διακύμανση ταχύτητας του SFTP US06 .....	34
Γράφημα 3.6 : Διακύμανση ταχύτητας του SFTP SC03 .....	34
Γράφημα 3.7 : Διακύμανση ταχύτητας του κύκλου 10-15 Mode.....	35
Γράφημα 3.8 : Διακύμανση ταχύτητας του κύκλου JC08.....	36
Γράφημα 3.9 : Διακύμανση ταχύτητας του κύκλου αστικού κύκλου Artemis....	37

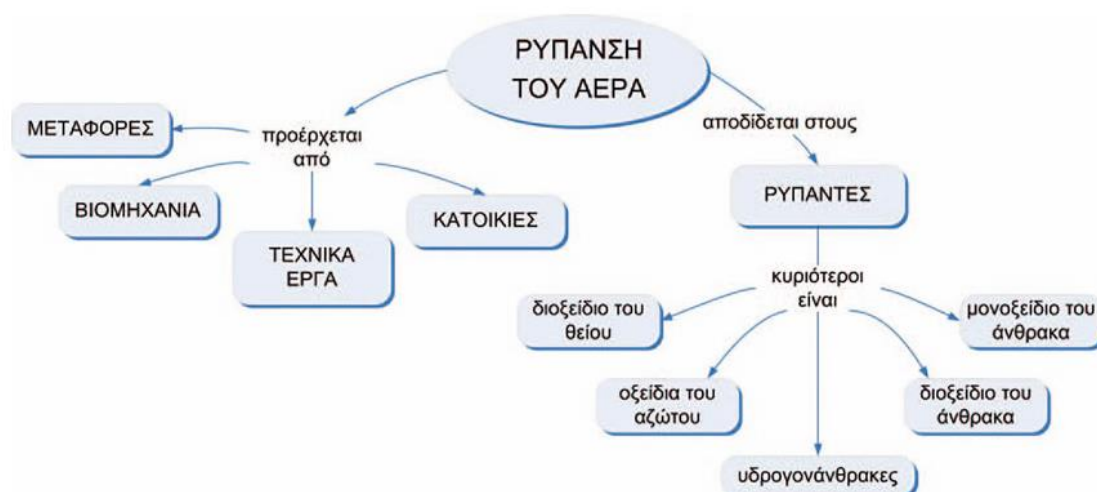


Γράφημα 3.10 : Διακύμανση ταχύτητας του κύκλου αγροτικού κύκλου Artemis	37
Γράφημα 3.11 : Διακύμανση ταχύτητας του κύκλου αυτοκινητοδρόμου Artemis	38
Γράφημα 6.1 : Μέση ταχύτητα ανά ημέρα.....	50
Γράφημα 6.2 : Μέση ταχύτητα χωρίς στάση ανά ημέρα. ....	51
Γράφημα 6.3 : Μέση επιτάχυνση ανά ημέρα.....	52
Γράφημα 6.4 : Μέση επιβράδυνση ανά ημέρα. ....	53
Γράφημα 6.5 : Μέσο ποσοστό στάσης ανά ημέρα.....	54
Γράφημα 6.6 Μέσος αριθμός στάσεων ανά ημέρα.....	55
Γράφημα 6.7 : Διάγραμμα ταχύτητας αντιπροσωπευτικής διαδρομής. ....	58
Γράφημα 6.8 : Διάγραμμα επιτάχυνσης αντιπροσωπευτικής διαδρομής .....	58
Γράφημα 6.9 : Έλεγχος ομοιότητας του κύκλου οδήγησης. ....	60
Γράφημα 7.1 : Διάγραμμα ταχύτητας αντιπροσωπευτικής διαδρομής. ....	61

# 1. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΚΑΙ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ

Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι η μόλυνση του εσωτερικού ή εξωτερικού περιβάλλοντος από οποιονδήποτε χημικό, φυσικό ή βιολογικό παράγοντα που τροποποιεί τα φυσικά χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας. Η ατμοσφαιρική ρύπανση εξωτερικών και εσωτερικών χώρων προκαλεί αναπνευστικές και άλλες ασθένειες και αποτελεί σημαντική πηγή νοσηρότητας και θνησιμότητας. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας περίπου επτά εκατομμύρια ανθρώπους παγκοσμίως κάθε χρόνο οφείλονται σε αυτήν. Οι καρδιαγγειακές παθήσεις και τα εγκεφαλικά επεισόδια αποτελούν τις πιο συνηθισμένες αιτίες των πρόωρων θανάτων που αποδίδονται στην ατμοσφαιρική ρύπανση και ακολουθούν οι πνευμονοπάθειες και ο καρκίνος του πνεύμονα. Εκτός όμως από τους πρόωρους θανάτους οι παθήσεις αυτές έχουν σαν αποτέλεσμα και υψηλότερες δαπάνες υγειονομικής περίθαλψης καθώς και απώλεια ημερών εργασίας. Οι κυριότερες πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι :

- Η καύση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τις μεταφορές, τη βιομηχανία και τα νοικοκυριά
- Η χρήση διαλυτών στη βιομηχανία
- Η γεωργία
- Η διαχείριση αποβλήτων
- Οι ηφαιστειογενείς εκρήξεις και οι πυρκαγιές



Εικόνα 1-1: Ατμοσφαιρική ρύπανση.

Χημεία-Σχολικό βιβλίο Β΄ Γυμνασίου (σελ. 87)

Οι ρύποι που προκαλούν μεγάλη ανησυχία για τη δημόσια υγεία περιλαμβάνουν τα αιωρούμενα σωματίδια, το μονοξειδίο του άνθρακα, το όζον, το διοξείδιο του αζώτου και το διοξείδιο του θείου και οι υδρογονάνθρακες. Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι ταξινομούνται σε πρωτογενείς και δευτερογενείς. Οι πρωτογενείς ρύποι εκπέμπονται κατ' ευθείαν στον αέρα και περιλαμβάνουν το μονοξειδίο του άνθρακα και το διοξείδιο του θείου. Οι δευτερογενείς ρύποι σχηματίζονται στον αέρα ως αποτέλεσμα χημικών αντιδράσεων με άλλες ουσίες με τις οποίες συνυπάρχουν και περιλαμβάνουν το όζον και το διοξείδιο του αζώτου. Ουσίες όπως είναι τα αιωρούμενα σωματίδια μπορεί να αποτελούν πρωτογενείς ή δευτερογενείς ρύπους. Το διοξείδιο του άνθρακα δεν θεωρείται ρύπος αλλά έχει μεγάλη συμμετοχή στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

### **1.1. Ατμοσφαιρικοί Ρύποι από Κινητήρες Εσωτερικής Καύσης και επιπτώσεις**

Στα καυσαέρια των βενζινοκινητήρων περιέχονται: μονοξειδίο του άνθρακα, υδρογονάνθρακες, οξείδια του αζώτου και ενώσεις του μόλυβδου μαζί με άλλα συστατικά όπως αιθάλη και διοξείδιο του θείου) που βρίσκονται σε μικρότερες συγκεντρώσεις. Τα υπόλοιπα συστατικά όπως διοξείδιο του άνθρακα, νερό και άζωτο δεν θεωρούνται ρυπαντές του αέρα.

Στις μηχανές diesel λόγω διαφορετικής αρχής λειτουργίας και του διαφορετικού καυσίμου εκπέμπονται κυρίως οξείδια του αζώτου, αιθάλη, υδρογονάνθρακες, μονοξειδίο του άνθρακα, διοξείδιο του θείου και αλδεΐδες. Η αιθάλη που εκπέμπεται από τις μηχανές diesel έχει ιδιαίτερη σημασία, διότι σ' αυτή υπάρχουν υδρογονάνθρακες με αποτέλεσμα να συμπεριλαμβάνονται στα καρκινογόνα συστατικά. Επίσης οι κινητήρες diesel εκπέμπουν μικροσωματίδια (PM). Ερευνητικά αποτελέσματα απέδειξαν στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στη συγκέντρωση PM κάτω των 2,5 μm (προερχόμενα κατά κύριο λόγο από διεργασίες καύσης σε κινητήρες diesel) και στους ρυθμούς θνησιμότητας σε αστικό περιβάλλον.

**Αιωρούμενα σωματίδια (PM) :** Τα αιωρούμενα σωματίδια αποτελούνται από θειικά άλατα, νιτρικά άλατα, αμμωνία, χλωριούχο νάτριο, μαύρο άνθρακα, ορυκτή σκόνη ή νερό. Τα αιωρούμενα σωματίδια χωρίζονται στα PM10 και PM2,5 ανάλογα με το αν η διάμετρος τους είναι μικρότερη από 10 ή 2,5 μικρόμετρα (μm). Τα σωματίδια με διάμετρο 10 μm ή μικρότερη, μπορούν να διεισδύσουν και να μείνουν βαθιά μέσα στους πνεύμονες. Ακόμη πιο επιβλαβή για την υγεία σωματίδια είναι αυτά με διάμετρο 2,5 μm ή μικρότερη που είναι

ικανά να διεισδύσουν βαθιά στον πνεύμονα και να εισέλθουν στην κυκλοφορία του αίματος προκαλώντας καρδιαγγειακές (ισχαιμική καρδιοπάθεια), εγκεφαλοαγγειακές (εγκεφαλικό επεισόδιο) και αναπνευστικές παθήσεις. Τόσο η μακροχρόνια όσο και η βραχυπρόθεσμη έκθεση σε σωματίδια σχετίζεται με νοσηρότητα και θνησιμότητα από καρδιαγγειακά και αναπνευστικά νοσήματα. Η μακροχρόνια έκθεση έχει επιπλέον συνδεθεί με γεννητικές ανωμαλίες και με καρκίνο του πνεύμονα.

**Μονοξείδιο του άνθρακα (CO):** Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι ένα άχρωμο, άοσμο και άγευστο τοξικό αέριο που παράγεται από την ατελή καύση ανθρακούχων καυσίμων όπως το ξύλο, η βενζίνη, ο άνθρακας, το φυσικό αέριο και η κηροζίνη. Το μονοξείδιο του άνθρακα διαχέεται στους ιστούς των πνευμόνων και στην κυκλοφορία του αίματος, καθιστώντας δύσκολο για τα κύτταρα του σώματος να δεσμεύσουν το οξυγόνο. Αυτή η έλλειψη οξυγόνου βλάπτει τους ιστούς και τα κύτταρα. Η έκθεση στο μονοξείδιο του άνθρακα μπορεί να προκαλέσει δυσκολία στην αναπνοή, εξάντληση, ζάλη και άλλα συμπτώματα που μοιάζουν με γρίπη. Η έκθεση σε πολύ υψηλά επίπεδα CO μπορεί να οδηγήσει σε θάνατο.

**Διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>):** Το διοξείδιο του αζώτου είναι διαλυτό στο νερό, έχει κοκκινοκαφέ χρώμα και ισχυρό οξειδωτικό. Το NO<sub>2</sub> προκύπτει από διαδικασίες καύσης όπως αυτές που χρησιμοποιούνται για θέρμανση, μεταφορά και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η έκθεση στο διοξείδιο του αζώτου μπορεί να ερεθίσει τους αεραγωγούς και να επιδεινώσει τις αναπνευστικές παθήσεις. Το NO<sub>2</sub> είναι ένας σημαντικός παράγοντας του όζοντος, ένας ρύπος που συνδέεται στενά με το άσθμα και άλλες αναπνευστικές παθήσεις.

**Διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>) :** Το διοξείδιο του θείου είναι ένα άχρωμο αέριο με έντονη οσμή. Το SO<sub>2</sub> μπορεί να επηρεάσει το αναπνευστικό σύστημα, τις λειτουργίες των πνευμόνων και να προκαλέσει ερεθισμό των ματιών. Η φλεγμονή της αναπνευστικής οδού προκαλεί βήχα, έκκριση βλέννας, άσθμα, χρόνια βρογχίτιδα και κάνει τους ανθρώπους πιο επιρρεπείς σε λοιμώξεις του αναπνευστικού. Όταν το SO<sub>2</sub> συνδυάζεται με νερό, σχηματίζει θειικό οξύ. Αυτό είναι το κύριο συστατικό της όξινης βροχής που είναι αιτία αποψίλωσης των δασών.

**Όζον (O<sub>3</sub>) :** Το όζον στο επίπεδο του εδάφους, που δεν πρέπει να συγχέεται με το στρώμα του όζοντος στην ανώτερη ατμόσφαιρα, είναι ένα σημαντικό συστατικό της αιθαλομίχλης. Σχηματίζεται από φωτοχημικές αντιδράσεις με ρύπους όπως τα οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>)

που εκπέμπονται από τα οχήματα και τη βιομηχανία. Λόγω της φωτοχημικής φύσης, τα υψηλότερα επίπεδα όζοντος παρατηρούνται σε περιόδους ηλιόλουστου καιρού. Η έκθεση σε υπερβολικό όζον μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στην αναπνοή, να προκαλέσει άσθμα, να μειώσει τη λειτουργία των πνευμόνων και να οδηγήσει σε πνευμονική νόσο.

**Οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAH) :** Είναι μια ομάδα χημικών ουσιών που σχηματίζονται κυρίως από την καύση σε φούρνους άνθρακα, κινητήρες ντίζελ και ξυλόσομπες και υπάρχουν στην ατμόσφαιρα σε σωματιδιακή μορφή. Ένα ποσοστό της εκπομπής των άκαυστων υδρογονανθράκων οφείλεται σε άκαυστο καύσιμο, και ένα άλλο ποσοστό οφείλεται σε μικρότερης ή μεγαλύτερης αλυσίδας υδρογονανθράκες, που δημιουργήθηκαν από το αρχικό μόριο του καυσίμου, μέσω ενδιάμεσων διασπάσεων και αντιδράσεων. Προκαλούν ερεθισμό των ματιών, ναυτία, εμετός, διάρροια και σύγχυση. Η μακροχρόνια έκθεση στους υδρογονάνθρακες θεωρείται υπεύθυνη για την εμφάνιση πολλών τύπων καρκίνου. Ορισμένοι καρκινογόνοι PAH είναι γονιδοτοξικοί και προκαλούν μεταλλάξεις που προκαλούν καρκίνο. Συμβάλουν στην εμφάνιση καρδιαγγειακών παθήσεων, νεφροπαθειών, βλαβών στο συκώτι, ίκτερο και καταρράκτη.



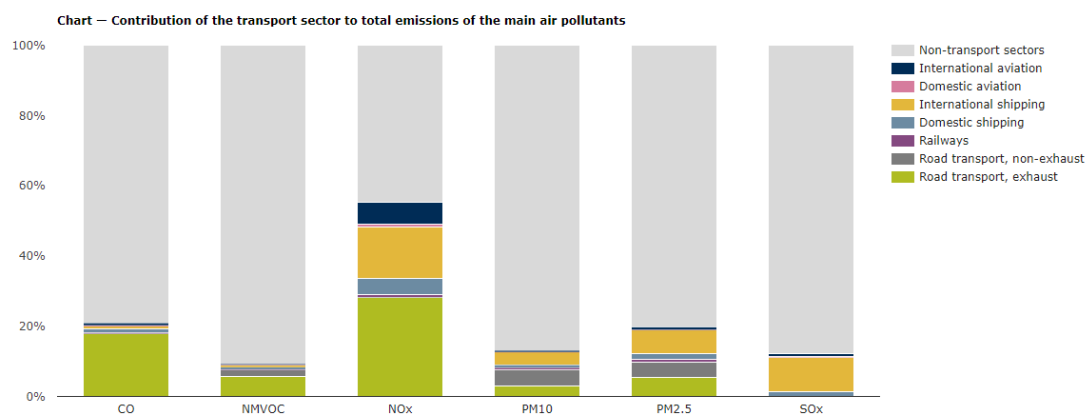
**Εικόνα 1-2 : Επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία**

<https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/air-quality-23-2018/el/>

## 1.2. Συμμετοχή στην ατμοσφαιρική ρύπανση των οχημάτων που κινούνται με κινητήρες εσωτερικής καύσης

Γενικά δεν είναι εύκολο να ξεχωρίσουμε πιο είναι το ποσοστό των ατμοσφαιρικών ρύπων που οφείλονται στα οχήματα που κινούνται από κινητήρες εσωτερικής καύσης. Αυτό εξαρτάται εκτός των άλλων από την ανάπτυξη και την δομή της οικονομίας της κάθε χώρας. Περιοχές πυκνοκατοικημένες και βιομηχανικές περιοχές έχουν πολύ υψηλότερα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τις αραιοκατοικημένες περιοχές. Οι καιρικές συνθήκες επηρεάζουν επίσης την ποιότητα του αέρα, με αποτέλεσμα καθημερινές διακυμάνσεις στην αναπνοή του αέρα. Έτσι, τα επίπεδα ρύπανσης δεν διαφέρουν μόνο από τη μία γεωγραφική περιοχή σε άλλη.. αλλά διαφέρουν επίσης από τη μια μέρα στην άλλη.

Για την Ευρωπαϊκή Ένωση ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος δίνει το παρακάτω διάγραμμα που με πράσινο χρώμα απεικονίζεται το ποσοστό ρύπων που οφείλεται στα οχήματα οδικών μεταφορών που διαθέτουν εξάτμιση ( δηλαδή διαθέτουν κινητήρα εσωτερικής καύσης)



**Γράφημα 1.1 : : Συμβολή του τομέα των μεταφορών στις συνολικές εκπομπές των κύριων ατμοσφαιρικών ρύπων**

<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-air-pollutants-8/transport-emissions-of-air-pollutants-8>

Η Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος των ΗΠΑ υπολογίζουν ότι τα μηχανοκίνητα οχήματα παράγουν περίπου το 50% των υδρογονανθράκων, των οξειδίων του αζώτου και των σωματιδίων και το 75% του μονοξειδίου του άνθρακα.

## 2. ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ ΤΙΣ ΟΔΙΚΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ

### 2.1. Ιστορική αναδρομή

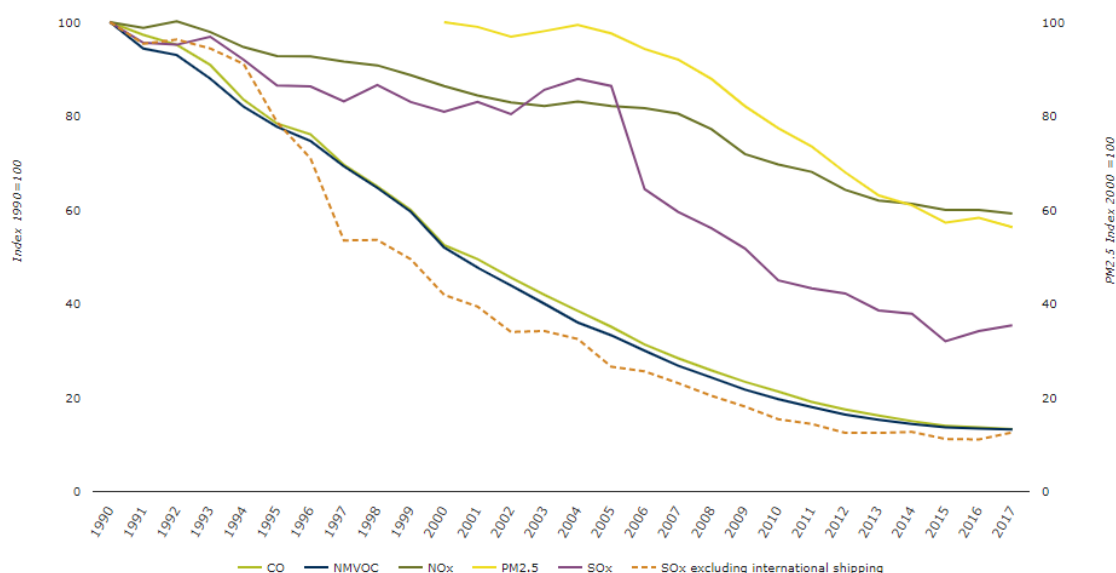
Σε μια προσπάθεια να καταπολεμήσει την αστική αιθαλομίχλη και τις εκπομπές καυσαερίων, το 1956 η γερμανική κυβέρνηση ζήτησε συμβουλές από την Ένωση Γερμανών Μηχανικών για τη μείωση των εκπομπών. Εκτός από τη Γερμανία ανησυχίες για την αστική αιθαλομίχλη, αναπτύχθηκαν στην Καλιφόρνια και στη Γαλλία.

Από το 1961 μια ομάδα Γάλλων και Γερμανών μηχανικών συνεργάστηκε στενά στο αρχικό πρωτόκολλο τυποποίησης. Μετά από σχεδόν 14 χρόνια σχεδιασμού, το πρώτο από τα πρότυπα εκπομπών αυτοκινήτων της ΕΕ για επιβατικά αυτοκίνητα εγκρίθηκε από την Ευρωπαϊκή Οικονομική Κοινότητα το 1970. Ο πρώτος ρύπος που μετρήθηκε τότε στην αυτοκινητοβιομηχανία ήταν το μονοξείδιο του άνθρακα (CO). Αργότερα θεσπίστηκαν όρια για τις εκπομπές των άκαυστων υδρογονανθράκων (HC), των οξειδίων του αζώτου (NOx). Μέχρι το 1982, τα επίπεδα εκπομπών είχαν μειωθεί στην περιοχή της ΕΟΚ κατά σχεδόν 50% από τα επίπεδα του 1970. Καθώς όμως το οδικό δίκτυο και ο αριθμός των οχημάτων αυξήθηκαν σε όλη την Ευρώπη, παρατηρήθηκε μεγαλύτερη συμφόρηση στις αστικές περιοχές προσθέτοντας ακόμη περισσότερο καπνό καυσαερίων στην ατμόσφαιρα όλων των μεγάλων πόλεων της Ευρώπης όπως το Λονδίνο, το Παρίσι και το Βερολίνο.

Το 1982 τελικά η Επιτροπή της ΕΟΚ αποφάσισε ότι απαιτούνται νέοι κανονισμοί για τον περιορισμό των ατμοσφαιρικών ρύπων. Μετά από 22 χρόνια από την πρώτη εισαγωγή ενός προτύπου στην Ευρώπη, εγκρίθηκε το πρότυπο Euro 1 το 1992 και ακολούθησαν τα Euro 2 έως 6. Από το 1990 έχει σημειωθεί πρόοδος στη μείωση των εκπομπών πολλών ατμοσφαιρικών ρύπων από τον τομέα των μεταφορών. Οι σχετικές αλλαγές στις εκπομπές ρύπων από τον τομέα των μεταφορών φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα.

Οι εκπομπές από όλους τους τύπους μεταφορών έχουν μειωθεί από το 1990, παρά τη γενική αύξηση της δραστηριότητας στον τομέα. Στον ΕΟΧ-33 (τα 28 κράτη μέλη της ΕΕ συν την Ισλανδία, το Λιχτενστάιν, τη Νορβηγία, την Ελβετία και την Τουρκία) μεταξύ 1990 και 2017, οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) από τις μεταφορές μειώθηκαν κατά 40 %, εκείνες των οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>) μειώθηκαν κατά 66 %, και τα ποσοστά τόσο του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) όσο και των πτητικών οργανικών ενώσεων χωρίς μεθάνιο

(NMVOCs) μειώθηκαν κατά 87 %. Μεταξύ 2000 και 2017, αποστολές σωματιδίων με διάμετρο 2,5 μm ή λιγότερο ( PM 2,5 ) μειώθηκε κατά 44%.



**Γράφημα 2.1 : Τάσεις στις εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων από τις μεταφορές**

<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-air-pollutants-8/transport-emissions-of-air-pollutants-8>

Οι μειώσεις των εκπομπών ειδικά από τον τομέα των οδικών μεταφορών είναι ακόμη μεγαλύτερες. Από το 1990, οι εκπομπές CO από τις οδικές μεταφορές μειώθηκαν κατά 88 %, οι εκπομπές NMVOCs μειώθηκαν κατά 89 %, οι εκπομπές του NO x μειώθηκε κατά 60 % και οι εκπομπές SO x μειώθηκαν κατά 99 %.

Η μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων οφείλεται στην Ευρωπαϊκή πολιτική για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που σχετίζεται με τις μεταφορές. Αυτή περιλαμβάνει τον καθορισμό οριακών τιμών ή τιμών-στόχων για συγκεντρώσεις ρύπων στο περιβάλλον, όρια συνολικών εκπομπών (π.χ. εθνικά σύνολα) και ρύθμιση των εκπομπών από τον τομέα της κυκλοφορίας είτε με τον καθορισμό προτύπων εκπομπών (όπως τα πρότυπα εκπομπών ευρώ 1-6) είτε με τον καθορισμό απαιτήσεων για την ποιότητα των καυσίμων. Παρά την σημαντική τους μείωση οι οδικές μεταφορές,



συνεχίζουν να ευθύνονται για σημαντικό ποσοστό των εκπομπών όλων των κύριων ατμοσφαιρικών ρύπων (με εξαίρεση το SO<sub>x</sub>).

## 2.2. Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών για ελαφρά οχήματα

Μερικά από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά των προτύπων Euro 1-6 είναι τα εξής :

**Euro 1 :** Εγκρίθηκε τον Ιούλιο του 1992 και είχε ημερομηνία εφαρμογής τον Ιανουάριο του 1993. Η εισαγωγή του προτύπου Euro 1 απαιτούσε τη μετάβαση στην αμόλυβδη βενζίνη και την καθολική τοποθέτηση καταλυτών σε βενζινοκίνητα αυτοκίνητα για τη μείωση των εκπομπών μονοξειδίου του άνθρακα (CO).

**Euro 2 :** Εγκρίθηκε τον Ιανουάριο του 1996 και είχε ημερομηνία εφαρμογής τον Ιανουάριο του 1997. Το πρότυπο Euro 2 μείωσε περαιτέρω το όριο για τις εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα και επίσης μείωσε το συνδυασμένο όριο για άκαυστους υδρογονάνθρακες και οξείδια του αζώτου τόσο για βενζινοκίνητα όσο και για πετρελαιοκίνητα οχήματα. Το Euro 2 εισήγαγε διαφορετικά όρια εκπομπών για τη βενζίνη και το ντίζελ.

**Euro 3 :** Εγκρίθηκε τον Ιανουάριο του 2000 και είχε ημερομηνία εφαρμογής τον Ιανουάριο του 2001. Το Euro 3 τροποποίησε τη διαδικασία δοκιμής για να εξαλείψει την περίοδο προθέρμανσης του κινητήρα και μείωσε περαιτέρω τα επιτρεπόμενα όρια μονοξειδίου του άνθρακα και σωματιδίων ντίζελ. Το Euro 3 πρόσθεσε επίσης ένα ξεχωριστό όριο NO<sub>x</sub> για κινητήρες ντίζελ και εισήγαγε ξεχωριστά όρια HC και NO<sub>x</sub> για βενζινοκινητήρες.

**Euro 4 :** Εγκρίθηκε τον Ιανουάριο του 2005 και είχε ημερομηνία εφαρμογής τον Ιανουάριο του 2006. Το Euro 4 (Ιανουάριος 2005) και το μετέπειτα Euro 5 (Σεπτέμβριος 2009) επικεντρώθηκαν στον καθαρισμό των εκπομπών από τα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα, ιδίως στη μείωση των σωματιδίων (PM) και των οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>). Ορισμένα αυτοκίνητα ντίζελ Euro 4 ήταν εφοδιασμένα με φίλτρα σωματιδίων.

**Euro 5 :** Εγκρίθηκε τον Σεπτέμβριο του 2009 και είχε ημερομηνία εφαρμογής τον Ιανουάριο του 2011. Το Euro 5 μείωσε περαιτέρω τα όρια στις εκπομπές σωματιδίων από κινητήρες ντίζελ και όλα τα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα χρειάζονταν φίλτρα σωματιδίων για να ανταποκριθούν στις νέες απαιτήσεις. Υπήρξε επίσης κάποια αυστηροποίηση των

ορίων NOx (μείωση 28% σε σύγκριση με το Euro 4), καθώς και, για πρώτη φορά, ένα όριο σωματιδίων για βενζινοκινητήρες – που ισχύει μόνο για κινητήρες άμεσου ψεκασμού. Αντιμετωπίζοντας τις επιπτώσεις των εκπομπών πολύ λεπτών σωματιδίων, το Euro 5 εισήγαγε ένα όριο στους αριθμούς σωματιδίων για κινητήρες ντίζελ εκτός από το όριο βάρους σωματιδίων. Αυτό ισχύει για τις εγκρίσεις νέων τύπων από τον Σεπτέμβριο του 2011 και για όλα τα νέα αυτοκίνητα ντίζελ από τον Ιανουάριο του 2013.

**Euro 6 :** Εγκρίθηκε τον Σεπτέμβριο του 2014 και είχε ημερομηνία εφαρμογής τον Σεπτέμβριο του 2015. Το πρότυπο Euro 6 επιβάλλει περαιτέρω, σημαντική μείωση των εκπομπών NOx από κινητήρες ντίζελ (μείωση 67% σε σύγκριση με το Euro 5) που επιτυγχάνεται με συστήματα επανακυκλοφορίας καυσαερίων (EGR) που μειώνουν την ποσότητα αζώτου που είναι διαθέσιμη για οξείδωση σε NOx κατά την καύση. και θεσπίζει παρόμοια πρότυπα για τη βενζίνη και το ντίζελ. Απαιτούνται επίσης φίλτρα σωματιδίων για την κάλυψη των απαιτήσεων του Euro 6.

Τα αυτοκίνητα ντίζελ Euro 6 προκειμένου να καλύπτουν το πρότυπο μπορούν επίσης να χρησιμοποιούν :

- Απορροφητή NOx (Lean NOx Trap) που αποθηκεύει NOx και το μειώνει σε άζωτο μέσω καταλύτη.
- Επιλεκτική Καταλυτική Αναγωγή (SCR) που χρησιμοποιεί ένα πρόσθετο (AdBlue ) που περιέχει ουρία που εγχέεται στα καυσαέρια για τη μετατροπή των NOx σε άζωτο και νερό.
- Δημητρίου, ένα υγρό που προστίθεται στη δεξαμενή καυσίμου κάθε φορά που ανεφοδιάζεται το όχημα και βοηθά την αναγέννηση του DPF μειώνοντας τη θερμοκρασία που απαιτείται για την αναγέννηση.

### 2.3. Αναλυτική Παρουσίαση των προτύπων Euro 1 -Euro 6 για ελαφρά οχήματα

Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών για επιβατικά αυτοκίνητα (Κατηγορία M)								
Πρότυπο	Ημερομηνία Εφαρμογής	CO [g/km]	THC [g/km]	VOC [g/km]	NOx [g/km]	HC+NOx [g/km]	PM [g/km]	PN [# /km]
<b>Βενζίνη</b>								
Euro 1	Ιανουάριος 1992	2,72				0,97		
Euro 2	Ιανουάριος 1997	2,20				0,50		
Euro 3	Ιανουάριος 2001	2,30	0,20		0,15			
Euro 4	Ιανουάριος 2006	1,00	0,10		0,08		0,005	
Euro 5a	Ιανουάριος 2011	1,00	0,10	0,068	0,06		0,005	
Euro 5b	Ιανουάριος 2013	1,00	0,10	0,068	0,06		0,0045	
Euro 6b	Σεπτέμβριος 2015	1,00	0,10	0,068	0,06		0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>
Euro 6c	Σεπτέμβριος 2018	1,00	0,10	0,068	0,06		0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>
Euro 6d Temp	Σεπτέμβριος 2019	1,00	0,10	0,068	0,06		0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>
Euro 6d	Ιανουάριος 2021	1,00	0,10	0,068	0,06		0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>
<b>Ντίζελ</b>								
Euro 1	Ιανουάριος 1992	2,72				0,97	0,14	
Euro 2	Ιανουάριος 1997	1,00				0,70	0,08	
Euro 3	Ιανουάριος 2001	0,66			0,50	0,56	0,05	
Euro 4	Ιανουάριος 2006	0,50			0,25	0,30	0,025	
Euro 5a	Ιανουάριος 2011	0,50			0,18	0,23	0,005	
Euro 5b	Ιανουάριος 2013	0,50			0,18	0,23	0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>
Euro 6b	Σεπτέμβριος 2015	0,50			0,08	0,17	0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>
Euro 6c	Σεπτέμβριος 2018	0,50			0,08	0,17	0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>
Euro 6d Temp	Σεπτέμβριος 2019	0,50			0,08	0,17	0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>
Euro 6d	Σεπτέμβριος 2021	0,50			0,08	0,17	0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>

**Πίνακας 2.1 : Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών για επιβατικά αυτοκίνητα**

- Πριν από το Euro 5, επιβατικά οχήματα > 2500 kg θεωρούνται ως ελαφριά επαγγελματικά οχήματα N1 Κλάσης I.
- Το όριο PM για βενζινοκινητήρες ισχύουν μόνο για οχήματα με κινητήρες άμεσου ψεκασμού.
- Για τα βενζινοκίνητα οχήματα το όριο για ΠΝ είναι 6×10<sup>12</sup>/ km για τα τρία πρώτα έτη από τις ημερομηνίες έναρξης ισχύος 6b ευρώ

Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών για επαγγελματικά οχήματα μάζας ≤ 1305 kg (Κατηγορία N <sub>1</sub> , Κλάση I )								
Πρότυπο	Ημερομηνία Εφαρμογής	CO [g/km]	THC [g/km]	VOC [g/km]	NO <sub>x</sub> [g/km]	HC+NO <sub>x</sub> [g/km]	PM [g/km]	PN [# /km]
<b>Βενζίνη</b>								
Euro 1	Οκτώβριος 1994	2,72				0,97		
Euro 2	Οκτώβριος 1997	2,20				0,50		
Euro 3	Ιανουάριος 2001	2,30	0,20		0,15			
Euro 4	Ιανουάριος 2006	1,00	0,10		0,08			
Euro 5a	Ιανουάριος 2011	1,00	0,10	0,068	0,06		0,005	
Euro 5b	Ιανουάριος 2013	1,00	0,10	0,068	0,06		0,0045	
Euro 6b	Σεπτέμβριος 2015	1,00	0,10	0,068	0,06		0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>
Euro 6c	Σεπτέμβριος 2018	1,00	0,10	0,068	0,06		0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>
Euro 6d Temp	Σεπτέμβριος 2019	1,00	0,10	0,068	0,06		0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>
Euro 6d	Ιανουάριος 2021	1,00	0,10	0,068	0,06		0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>
<b>Ντίζελ</b>								
Euro 1	Οκτώβριος 1994	2,72				0,97	0,14	
Euro 2	Οκτώβριος 1997	1,00				0,70	0,08	
Euro 3	Ιανουάριος 2001	0,64			0,50	0,56	0,05	
Euro 4	Ιανουάριος 2006	0,50			0,25	0,30	0,025	
Euro 5a	Ιανουάριος 2011	0,50			0,18	0,23	0,005	
Euro 5b	Ιανουάριος 2013	0,50			0,18	0,23	0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>
Euro 6b	Σεπτέμβριος 2015	0,50			0,08	0,17	0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>
Euro 6c	Σεπτέμβριος 2018	0,50			0,08	0,17	0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>
Euro 6d Temp	Σεπτέμβριος 2019	0,50			0,08	0,17	0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>
Euro 6d	Σεπτέμβριος 2021	0,50			0,08	0,17	0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>

**Πίνακας 2.2 :Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών για ελαφρά επαγγελματικά οχήματα μάζας ≤ 1305 kg**

Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών για επαγγελματικά οχήματα μάζας 1305-1760 kg (Κατηγορία N <sub>1</sub> , Κλάση II)								
Πρότυπο	Ημερομηνία Εφαρμογής	CO [g/km]	THC [g/km]	VOC [g/km]	NO <sub>x</sub> [g/km]	HC+NO <sub>x</sub> [g/km]	PM [g/km]	PN [# /km]
<b>Βενζίνη</b>								
Euro 1	Οκτώβριος 1994	5,17				1,40		
Euro 2	Οκτώβριος 1998	4,00				0,60		
Euro 3	Ιανουάριος 2002	4,17	0,25		0,18			
Euro 4	Ιανουάριος 2007	1,81	0,13		0,10			
Euro 5a	Ιανουάριος 2012	1,81	0,13	0,09	0,075		0,005	
Euro 5b	Ιανουάριος 2013	1,81	0,13	0,09	0,075		0,0045	
Euro 6b	Σεπτέμβριος 2016	1,81	0,13	0,09	0,075		0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>
Euro 6c	Σεπτέμβριος 2019	1,81	0,13	0,09	0,075		0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>
Euro 6d Temp	Σεπτέμβριος 2020	1,81	0,13	0,09	0,075		0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>
Euro 6d	Ιανουάριος 2022	1,81	0,13	0,09	0,075		0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>
<b>Ντίζελ</b>								
Euro 1	Οκτώβριος 1994	5,17				1,40	0,19	
Euro 2	Οκτώβριος 1998	1,25				1,00	0,12	
Euro 3	Ιανουάριος 2002	0,80			0,65	0,72	0,07	
Euro 4	Ιανουάριος 2007	0,63			0,33	0,39	0,040	
Euro 5a	Ιανουάριος 2012	0,63			0,235	0,295	0,005	
Euro 5b	Ιανουάριος 2013	0,63			0,235	0,295	0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>
Euro 6b	Σεπτέμβριος 2016	0,63			0,105	0,195	0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>
Euro 6c	Σεπτέμβριος 2019	0,63			0,105	0,195	0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>
Euro 6d Temp	Σεπτέμβριος 2020	0,63			0,105	0,195	0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>
Euro 6d	Ιανουάριος 2022	0,63			0,105	0,195	0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>

**Πίνακας 2.3 Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών για επαγγελματικά οχήματα μάζας 1305-1760 kg**

Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών για επαγγελματικά οχήματα μάζας 1760-3500 kg (Κατηγορία N <sub>1</sub> , Κλάση III και Κατηγορία N <sub>2</sub> )								
Πρότυπο	Ημερομηνία Εφαρμογής	CO [g/km]	THC [g/km]	VOC [g/km]	NO <sub>x</sub> [g/km]	HC+NO <sub>x</sub> [g/km]	PM [g/km]	PN [# /km]
<b>Βενζίνη</b>								
Euro 1	Οκτώβριος 1994	6,90				1,70		
Euro 2	Οκτώβριος 1999	5,00				0,70		
Euro 3	Ιανουάριος 2002	5,22	0,29		0,21			
Euro 4	Ιανουάριος 2007	2,27	0,16		0,11			
Euro 5a	Ιανουάριος 2012	2,27	0,16	0,108	0,082		0,005	
Euro 5b	Ιανουάριος 2013	2,27	0,16	0,108	0,082		0,0045	
Euro 6b	Σεπτέμβριος 2016	2,27	0,16	0,108	0,082		0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>
Euro 6c	Σεπτέμβριος 2019	2,27	0,16	0,108	0,082		0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>
Euro 6d Temp	Σεπτέμβριος 2020	2,27	0,16	0,108	0,082		0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>
Euro 6d	Ιανουάριος 2021	2,27	0,16	0,108	0,082		0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>
<b>Ντίζελ</b>								
Euro 1	Οκτώβριος 1994	6,90				1,70	0,25	
Euro 2	Οκτώβριος 1999	1,50				1,20	0,17	
Euro 3	Ιανουάριος 2002	0,95			0,78	0,86	0,10	
Euro 4	Ιανουάριος 2007	0,74			0,39	0,46	0,060	
Euro 5a	Ιανουάριος 2012	0,74			0,280	0,350	0,005	
Euro 5b	Ιανουάριος 2013	0,74			0,280	0,350	0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>
Euro 6b	Σεπτέμβριος 2016	0,74			0,125	0,215	0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>
Euro 6c	Σεπτέμβριος 2019	0,74			0,125	0,215	0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>
Euro 6d Temp	Σεπτέμβριος 2020	0,74			0,125	0,215	0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>
Euro 6d	Ιανουάριος 2022	0,74			0,125	0,215	0,0045	6 x 10 <sup>11</sup>

**Πίνακας 2.4 : Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών για επαγγελματικά οχήματα μάζας 1760-3500 kg**

Τα παραπάνω πρότυπα απαιτούν συγκεκριμένες διαδικασίες με τις οποίες πρέπει να μετρούνται οι εκπομπές ρύπων ενός οχήματος έτσι ώστε να μπορούν να συγκριθούν διαφορετικά οχήματα. Οι διαδικασίες αυτές περιλαμβάνουν επαναλαμβανόμενες δοκιμές του οχήματος ή του κινητήρα που ονομάζονται κύκλοι οδήγησης και θα τους αναλύσουμε στο επόμενο κεφάλαιο.

Από την 1η Σεπτεμβρίου 2017, χρησιμοποιήθηκαν πιο αυστηρές και ρεαλιστικές δοκιμές για την πιστοποίηση νέων μοντέλων αυτοκινήτων σύμφωνα με τα όρια εκπομπών Euro 6. Συγκεκριμένα υιοθετήθηκε ένας νέος εργαστηριακός κύκλος δοκιμών γνωστός ως WLTP,

για όλες τις νέες εγκρίσεις τύπου και ένα χρόνο αργότερα, από την 1η Σεπτεμβρίου 2018, για όλες τις ταξινομήσεις νέων αυτοκινήτων. Ο WLTP συμπληρώθηκε από μια πρόσθετη, δοκιμή στο δρόμο γνωστή ως δοκιμή Real Driving Emissions ή RDE , για να διασφαλιστεί ότι τα αυτοκίνητα πληρούν τα όρια εκπομπών σε πολύ ευρύτερο φάσμα συνθηκών οδήγησης.

### 3. ΚΥΚΛΟΙ ΟΔΗΓΗΣΗΣ

Ένας κύκλος οδήγησης είναι μια συγκεκριμένη διαδοχική σειρά ανάπτυξης ισχύος ή ταχύτητας από ένα όχημα ή κινητήρα προκειμένου να αξιολογηθεί η απόδοσή του σε διάφορους τομείς, όπως για παράδειγμα την κατανάλωση καυσίμου, την αυτονομία των ηλεκτρικών οχημάτων και τις ρυπογόνες εκπομπές. Οι κύκλοι οδήγησης μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση διαφόρων υποσυστημάτων ενός οχήματος όπως κιβωτίων ταχυτήτων, συστημάτων ηλεκτρικής κίνησης, μπαταριών, συστημάτων κυψελών καυσίμου και παρόμοιων εξαρτημάτων.

Οι κύκλοι οδήγησης που χρησιμοποιούνται για την έγκριση τύπου των οχημάτων ονομάζονται θεσμοθετημένοι διότι θεσμοθετούνται από τις αρμόδιες υπηρεσίες κάθε χώρας. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση οι κύκλοι εκπομπών θεσμοθετούνται με οδηγίες της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Στις ΗΠΑ αρμόδια υπηρεσία είναι η ομοσπονδιακή Υπηρεσία Περιβάλλοντος EPA. Επίσης υπάρχουν και οι Real World που αναπτύσσονται από Πανεπιστημιακά Ιδρύματα, Ερευνητικά κέντρα και άλλους οργανισμούς και προσπαθούν να κάνουν μια πιο πιστή προσομοίωση των συνθηκών οδήγησης.

Υπάρχουν δύο τύποι κύκλων οδήγησης:

- Οι μεταβατικοί κύκλοι οδήγησης περιλαμβάνουν πολλές αλλαγές, που αντιπροσωπεύουν τις αλλαγές ταχύτητας που είναι χαρακτηριστικές της οδήγησης στο δρόμο. Τέτοιοι είναι ο Αμερικάνικος FTP-75 οι κύκλοι Artemis και ο WLTC.
- Οι modal κύκλοι οδήγησης περιλαμβάνουν διαδοχικά διαστήματα με σταθερές επιταχύνσεις και σταθερές ταχύτητες. Τέτοιοι κύκλοι είναι ο Ευρωπαϊκός NEDC και ο Ιαπωνικός 10-15 Mode.

Οι κύκλοι οδήγησης εκτελούνται ή στο δρόμο ή εργαστηριακά σε εργαστήρια εφοδιασμένα με δυναμομετρικές διατάξεις που ονομάζονται δυναμόμετρα και προσπαθούν να προσομοιάσουν τις συνθήκες του δρόμου.

#### 3.1. Δυναμομετρική εξέδρα οχήματος

Τα δυναμόμετρα χρησιμοποιούνται κυρίως για τον προσδιορισμό των εκπομπών της ροπής ή ισχύος μιας υπό δοκιμή μηχανής. Τα δυναμόμετρα χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση συνθηκών δρόμου είτε για τον κινητήρα, χρησιμοποιώντας δυναμόμετρο κινητήρα, είτε για το όχημα χρησιμοποιώντας δυναμόμετρο οχήματος. Πέρα από τις απλές



μετρήσεις εκπομπών, ισχύος και ροπής, τα δυναμόμετρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως για δοκιμή και άλλων συστημάτων ενός οχήματος ή κινητήρα.

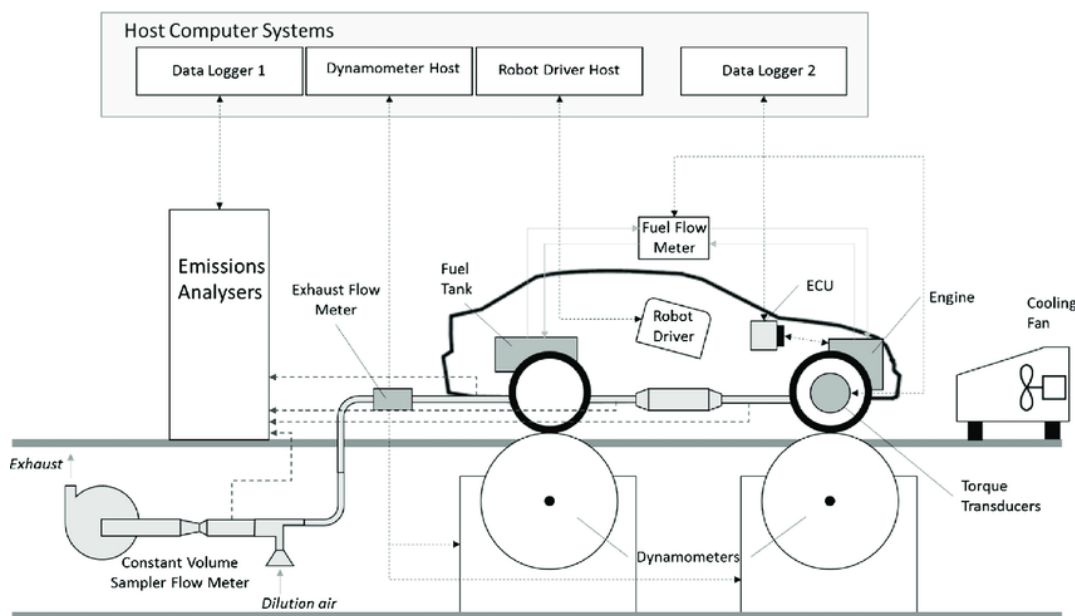
Για τα επαγγελματικά οχήματα, ο κύκλος οδήγησης εκτελείται σε δυναμόμετρο κινητήρα οχήματος ενώ για τα επιβατηγά αυτοκίνητα σε δυναμόμετρο οχήματος.

Τα συνήθη συστήματα που περιλαμβάνει ένα δυναμόμετρο είναι μια μονάδα για την μέτρηση των εκπομπών απορρόφησης μιά για τη μέτρηση της ροπής και μια για τη μέτρηση της ταχύτητας.

Οι μετρήσεις καταγράφονται αυτόματα από τα συστήματα και έτσι μπορούν να συνδυαστούν με ακρίβεια μεταξύ τους.

Για την έγκριση ελαφρών οχημάτων σύμφωνα με τα πρότυπα χρησιμοποιούνται δυναμομετρικές εξέδρες πλαισίου.

Ένα δυναμόμετρο πλαισίου είναι μια μηχανική συσκευή που χρησιμοποιεί συγκροτήματα σταθερών κυλίνδρων για την προσομοίωση διαφορετικών οδικών συνθηκών σε ένα ελεγχόμενο περιβάλλον και χρησιμοποιείται για μια μεγάλη ποικιλία σκοπών δοκιμών και ανάπτυξης οχημάτων.



**Εικόνα 3-1 : Διάταξη δυναμομετρικής εξέδρας**

[https://www.researchgate.net/figure/Typical-Chassis-dynamometer-layout-and-number-of-measurement-channels\\_fig1\\_326680389](https://www.researchgate.net/figure/Typical-Chassis-dynamometer-layout-and-number-of-measurement-channels_fig1_326680389)



**Εικόνα 3-2 : Αυτοκίνητο σε δυναμομετρική εξέδρα**

<https://www.isuzu.de/inet/images/Engineering/ChassisDyno2.jpg>

### **3.2. Οι σπουδαιότεροι θεσμοθετημένοι κύκλοι οδήγησης**

#### **3.2.1. Οι Ευρωπαϊκοί κύκλοι οδήγησης**

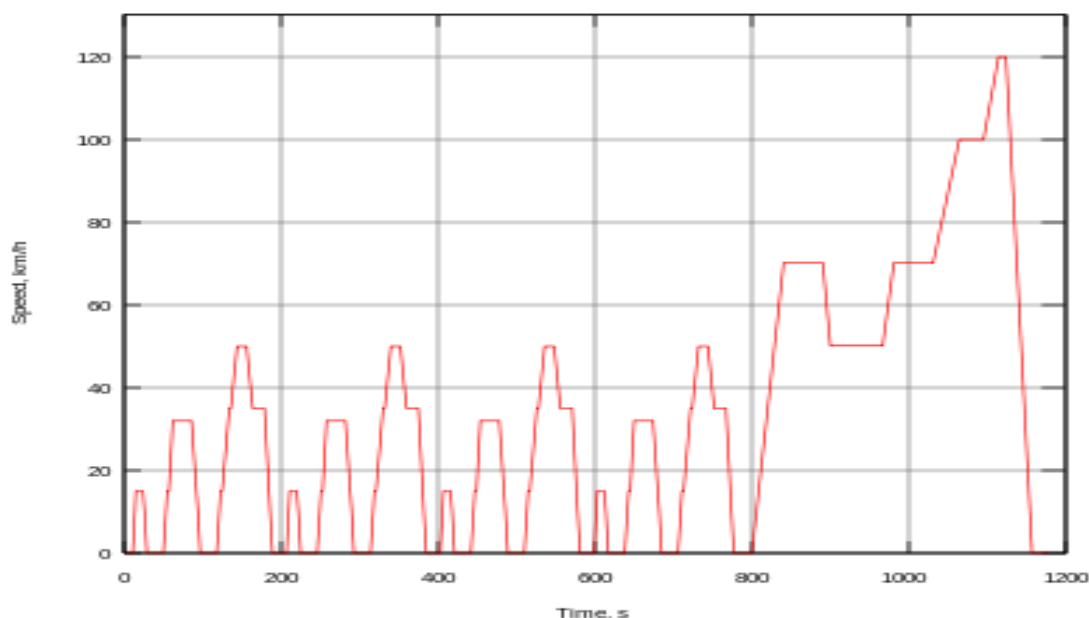
Οι Ευρωπαϊκοί Κύκλοι Οδήγησης αναπτύχθηκαν από την Οικονομική Επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών για την Ευρώπη και θεσμοθετήθηκαν με σχετικές Ευρωπαϊκές οδηγίες. Με την οδηγία 70/220/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 20ής Μαρτίου 1970 προκειμένου να προστατευθεί η κοινή αγορά , όλα τα κράτη μέλη πρέπει να υιοθετήσουν τις ίδιες απαιτήσεις, είτε επιπροσθέτως είτε αντί των υφιστάμενων κανόνων τους, προκειμένου, να εγκριθεί ένας τύπος οχήματος. Σύμφωνα με την οδηγία η συμμόρφωση των μοντέλων παραγωγής, όσον αφορά τον περιορισμό της εκπομπής αερίων ρύπων από τον κινητήρα, επαληθεύεται με βάση τρεις τύπους δοκιμών.

- Δοκιμή τύπου I για την επαλήθευση της μέσης εκπομπής ρύπων σε μια αστική περιοχή με συμφόρηση μετά από ψυχρή εκκίνηση.
- Δοκιμή τύπου II για τον έλεγχο της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα στο ρελαντί.
- Δοκιμή τύπου III για την επαλήθευση εκπομπών αερίων του στροφαλοθαλάμου.

Τη δεκαετία του 1980, καθιερώθηκε ο Νέος Ευρωπαϊκός Κύκλος Οδήγησης, NEDC, σαν ευρωπαϊκή διαδικασία για την αξιολόγηση των επιπέδων εκπομπών των κινητήρων αυτοκινήτων και της οικονομίας καυσίμου στα επιβατικά αυτοκίνητα. Ο κύκλος μπορούσε να εκτελείται και στο δρόμο. Προκειμένου η επανάληψη των δοκιμών να γίνεται στις ίδιες συνθήκες οι δοκιμές του κύκλου γίνονται σε εργαστήριο με δυναμόμετρο οχήματος. Το δυναμόμετρο έπρεπε να είναι εξοπλισμένο με ένα ηλεκτρικό μηχάνημα για την εξομοίωση της αντίστασης του αέρα και την εξομοίωση της αδράνειάς του.

Ο NEDC αποτελείται από δύο τμήματα :

- Τον Κύκλο Αστικής Οδήγησης (UDC) που είχε σχεδιαστεί για να αντιπροσωπεύει τυπικές συνθήκες οδήγησης πολυσύχναστων ευρωπαϊκών πόλεων και χαρακτηρίζεται από χαμηλό φορτίο κινητήρα, χαμηλή θερμοκρασία καυσαερίων και μέγιστη ταχύτητα 50 km/h. Ο UDC έπρεπε να επαναληφθεί τέσσερις φορές και απεικονίζεται στο παρακάτω γράφημα από 0 s έως 780 s.
- Τον Extra Urban Driving Cycle (EUDC) που είχε σχεδιαστεί για να αντιπροσωπεύει πιο επιθετικούς τρόπους οδήγησης υψηλής ταχύτητας. Η μέγιστη ταχύτητα του κύκλου EUDC είναι 120 km/h και για τα οχήματα χαμηλής ισχύος περιορίζεται στα 90 km/h και απεικονίζεται στο παρακάτω γράφημα από 780 s έως 1180 s.



**Γράφημα 3.1 : Διακύμανση ταχύτητας κατά τη διάρκεια του NEDC.**

[https://en.wikipedia.org/wiki/New\\_European\\_Driving\\_Cycle](https://en.wikipedia.org/wiki/New_European_Driving_Cycle)

<b>Βασικές Παράμετροι</b>			
	<b>UDC</b>	<b>EUDC</b>	<b>NEDC</b>
Διάρκεια	780 sec	400 sec	1180 sec
Συνολική Απόσταση	4,052 km	6,955 km	11,007 km
Μέση Ταχύτητα	18,7 km/h	62,6 km/h	33,6 km/h
Μέγιστη Ταχύτητα	50 km/h	120 km/h	120 km/h

Το NEDC δημιουργήθηκε όταν τα ευρωπαϊκά οχήματα ήταν ελαφρύτερα και λιγότερο ισχυρά. Η δοκιμή έχει ένα προφίλ ταχύτητας που προσομοιάζουν συνθήκες οδήγησης με χαμηλές επιταχύνσεις, ταξίδια σταθερής ταχύτητας και πολλά διαστήματα λειτουργίας στο ρελαντί. Ωστόσο, οι επιταχύνσεις είναι πολύ πιο απότομες και μεταβλητές, σήμερα. Γεγονός που οφείλεται εν μέρει στη μεγάλη ισχύ των σύγχρονων κινητήρων, καθώς ο μέσος χρόνος επιτάχυνσης από 0–100 km/h μειώθηκε από τα 14 δευτερόλεπτα που ήταν το 1981 σε 9 δευτερόλεπτα το 2007. Όλες οι μετρήσεις κατά τη διάρκεια της δοκιμής NEDC οδηγούν σε θερμοκρασίες μεταξύ 20 και 30 βαθμών Κελσίου, γεγονός που τις καθιστά πολύ μακριά από τις πραγματικές συνθήκες του δρόμου. Ο αντίκτυπος των πρόσθετων χαρακτηριστικών του αυτοκινήτου δεν λαμβάνεται υπόψη σε αυτόν τον τύπο δοκιμών. Γι' αυτό ο κύκλος θεωρήθηκε ξεπερασμένος, με αποτέλεσμα την αλλαγή του επίσημου κύκλου δοκιμών της ΕΕ από τον NEDC στον World Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure ή συντομογραφικά WLTP.

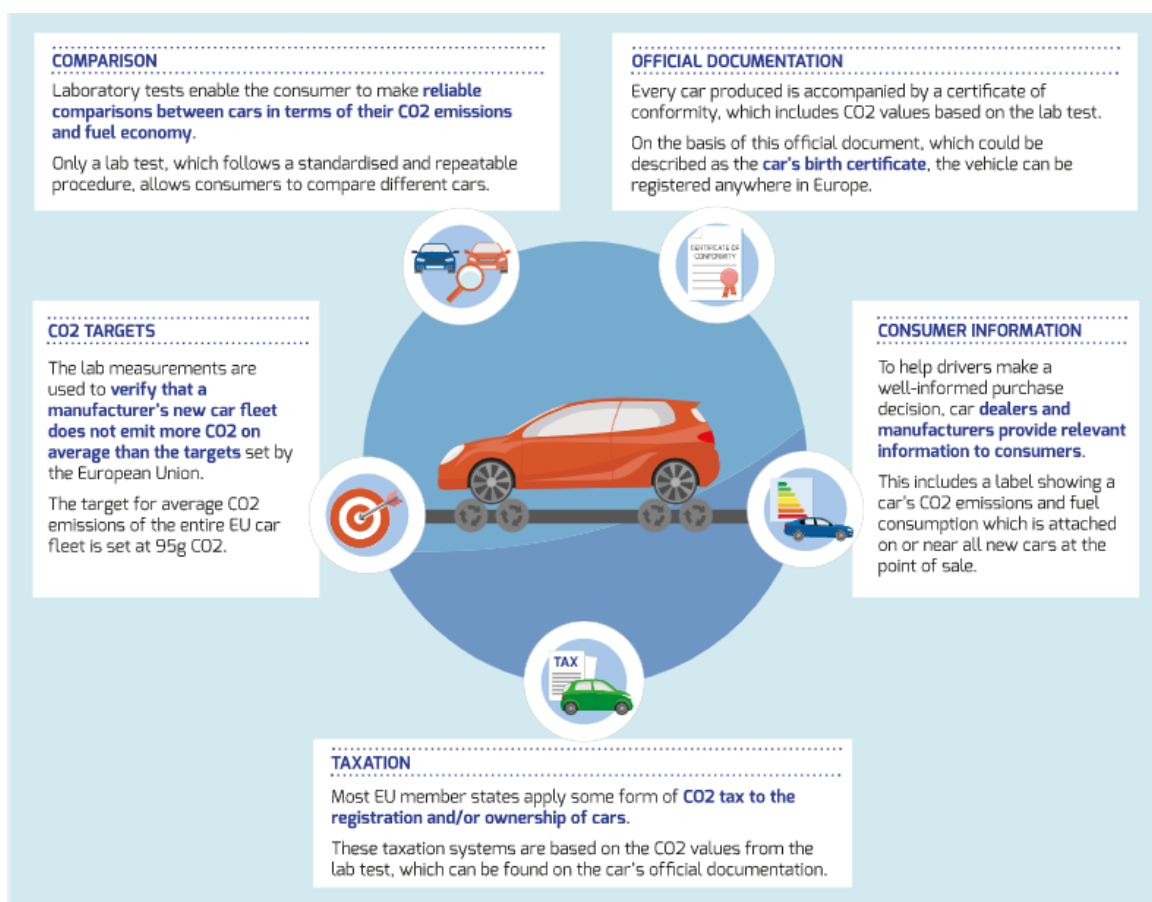
### **3.2.2. Ο κύκλος WLTP**

Από την 1η Σεπτεμβρίου 2017, η κατανάλωσης καυσίμου και των εκπομπών καυσαερίων, για τα νεοεισερχόμενα στην αγορά αυτοκίνητα προσδιορίζονται βάσει του WLTP. Το WLTP απαιτείται για όλες τις νέες ταξινομήσεις οχημάτων στις χώρες της ΕΕ (αλλά και στην Ελβετία, τη Νορβηγία, την Ισλανδία και την Τουρκία) μετά την 1η Σεπτεμβρίου 2018. Ενώ NEDC βασιζόταν σε θεωρητικά πρότυπα οδήγησης, ο κύκλος WLTP αναπτύχθηκε χρησιμοποιώντας δεδομένα πραγματικής οδήγησης, που συγκεντρώθηκαν από όλο τον κόσμο.

Κάθε συνδυασμός κινητήρα-κιβωτίου ταχυτήτων ενός ορισμένου μοντέλου οχήματος δοκιμάζεται με τον πιο οικονομικό αλλά και με τον πιο ενεργοβόρο εξοπλισμό. Όταν ξεκίνησε η μετάβαση στο WLTP τον Σεπτέμβριο του 2017, το πρότυπο εκπομπών Euro 6c έγινε υποχρεωτικό για έγκριση τύπου νέων τύπων οχημάτων. Τύποι που πληρούν το

πρότυπο μετά από επιτυχημένα αποτελέσματα στο Real Driving Emissions test (RDE) λαμβάνουν έγκριση τύπου σύμφωνα με το Euro 6d-TEMP. Το RDE συμπληρώνει το WLTP και μετρά τους ρύπους οχημάτων ενώ κινούνται σε δημόσιους δρόμους.

Το WLTP αναπτύχθηκε από την Οικονομική Επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών για την Ευρώπη, με στόχο να χρησιμοποιηθεί ως παγκόσμιος κύκλος δοκιμών σε διάφορες περιοχές του κόσμου, έτσι ώστε οι εκπομπές ρύπων και CO<sub>2</sub> καθώς και οι τιμές κατανάλωσης καυσίμου να είναι συγκρίσιμες παγκοσμίως. Ωστόσο, ενώ το WLTP έχει έναν κοινό παγκόσμιο «πυρήνα», η κάθε χώρα εφαρμόζουν τον κύκλο με διαφορετικούς τρόπους ανάλογα με τους νόμους και τις ανάγκες τους για την οδική κυκλοφορία.



**Εικόνα 3-3 : Στόχοι του WLTP**

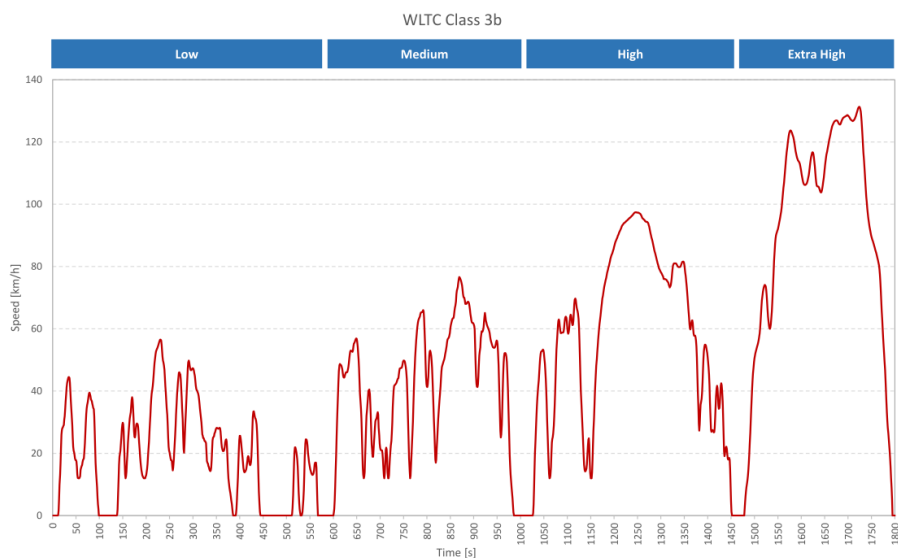
<https://www.wltpfacts.eu/purpose-lab-tests-wltp/>

Ο κύκλος οδήγησης WLTP πραγματοποιείται σε εργαστήριο και συμπληρώνεται με την διαδικασία Real Driving Emissions test (RDE) που πραγματοποιείται στο δρόμο. Χωρίζεται σε τέσσερα τμήματα με διαφορετικές μέσες ταχύτητες: χαμηλή, μεσαία, υψηλή

και εξαιρετικά υψηλή. Για τα οχήματα τάξης 3 (θεωρούνται αυτά με αναλογία ισχύος προς βάρος μεγαλύτερη από 34) η δοκιμή WLTP προβλέπει τις παρακάτω μέγιστες ταχύτητες :

- Χαμηλή : έως 56,5 km/h
- Μεσαία : έως 76,6 km/h
- Υψηλή : έως και 97,4 km/h
- Πολύ υψηλή : έως και 131,3 km/h.

Κάθε τμήμα περιέχει μια ποικιλία φάσεων οδήγησης, στάσεων, επιτάχυνσης και πέδησης. Για την οχήματα τάξης 3 το προφίλ ταχύτητας του WLTP απεικονίζεται στο παρακάτω γράφημα.



**Γράφημα 3.2 : Διακύμανση ταχύτητας κατά τη διάρκεια των τεσσάρων κύκλων WLTC.**

<https://el.wikipedia.org/wiki/WLTP>

<b>Βασικές Παράμετροι του WLTC class 3b</b>	
Διάρκεια	1800 sec
Συνολική Απόσταση	23,266 km
Μέση Ταχύτητα	46,5 km/h
Μέγιστη Ταχύτητα	131.3 km/h

Η συμπληρωματική διαδικασία RDE, προβλέπει το αυτοκίνητο να οδηγείται σε δημόσιους δρόμους και σε ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών συνθηκών. Ο ειδικός εξοπλισμός που είναι εγκατεστημένος στο όχημα συλλέγει δεδομένα για να επαληθεύσει ότι δεν γίνεται υπέρβαση των νομοθετικών ανώτατων ορίων για ρύπους όπως τα NOx.

Οι συνθήκες οδήγησης που προβλέπονται είναι:

- Χαμηλά και μεγάλα υψόμετρα
- Θερμοκρασίες όλο το χρόνο
- Πρόσθετο ωφέλιμο φορτίο οχήματος
- Οδήγηση σε ανηφόρα και κατηφόρα
- Αστικοί δρόμοι (χαμηλή ταχύτητα)
- Αγροτικοί δρόμοι (μεσαίας ταχύτητας)
- Αυτοκινητόδρομοι (υψηλής ταχύτητας)

Για τη μέτρηση των εκπομπών ρύπων καθώς το όχημα κινείται στους δρόμους, τα αυτοκίνητα είναι εξοπλισμένα με φορητά συστήματα μέτρησης εκπομπών (PEMS) που παρέχουν πλήρη παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο των βασικών ρύπων που εκπέμπονται από το όχημα (π.χ. NOx). Τα PEMS διαθέτουν προηγμένους αναλυτές αερίων, μετρητές ροής μάζας καυσαερίων, μετεωρολογικό σταθμό, GPS και σύνδεση με τα διαδίκτυο.



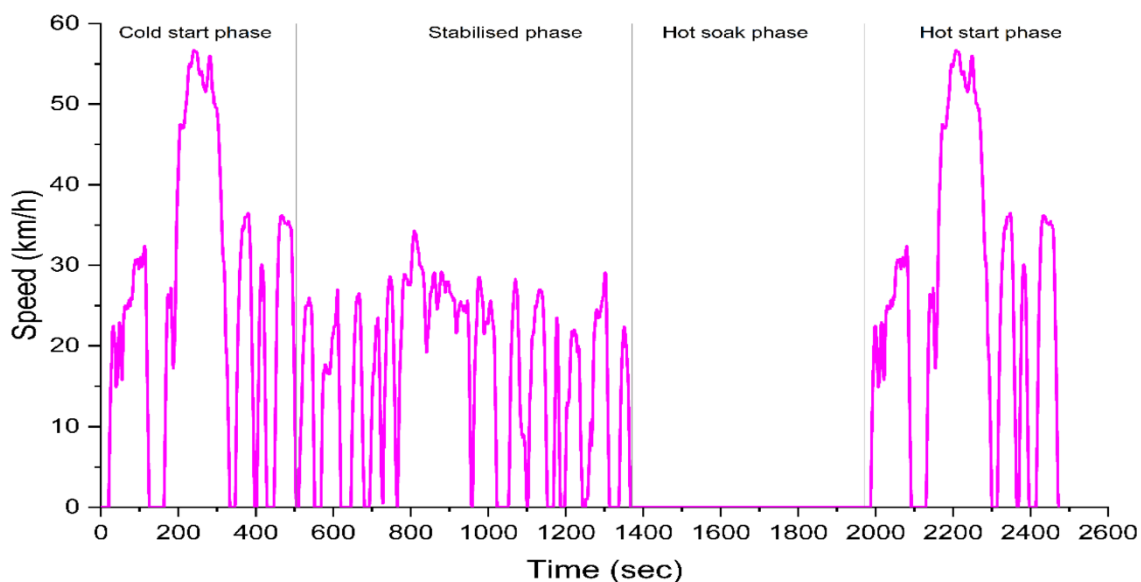
**Εικόνα 3-4 :Αυτοκίνητο με φορητά συστήματα μέτρησης εκπομπών (PEMS)**

<https://engineering.mpt.magna.com/>

### 3.2.3. Ο Αμερικάνικος κύκλος FTP-75 και οι προσθήκες του

Το 1978 θεσμοθετήθηκε από την Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (EPA) για τη μέτρηση των εκπομπών καυσαερίων και της οικονομίας καυσίμου των επιβατικών αυτοκινήτων, ο κύκλος οδήγησης FTP-75. Ο κύκλος χρησιμοποιήθηκε αρχικά για την επιβολή περιβαλλοντικού φόρου επί των τιμής πώλησης νέων αυτοκινήτων ανάλογα την ρύπανση που προκαλούσαν. Ο FTP-75 προέρχεται από τον FTP-72 (ή UDDS).

Ο FTP-75 είναι ένας μεταβατικός κύκλος (δηλαδή περιλαμβάνει πολλές αλλαγές ταχύτητας) και είναι εργαστηριακός. Περιλαμβάνει τέσσερις φάσεις και η διακύμανση ταχύτητας κατά τη διάρκεια των φάσεων φαίνεται παρακάτω.



**Γράφημα 3.3 : Διακύμανση ταχύτητας κατά τη διάρκεια των τεσσάρων κύκλων FTP-75.**

<https://www.mdpi.com/energies/>

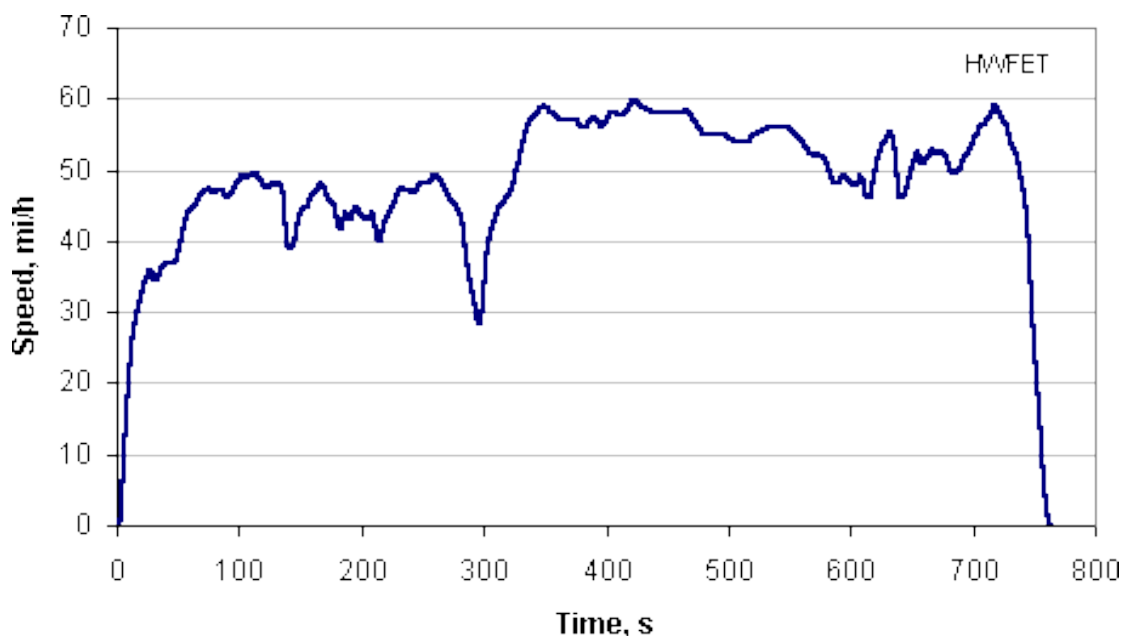
<b>Βασικές Παράμετροι του FTP-75</b>	
Διάρκεια	1877 sec
Συνολική Απόσταση	17,77 km
Μέση Ταχύτητα	34,12 km/h
Μέγιστη Ταχύτητα	91,25 km/h

Η όλη διαδικασία πιστοποίησης των νέων μοντέλων ενημερώθηκε το 2008 και περιλαμβάνει πλέον τέσσερις δοκιμές:



- Οδήγηση στην πόλη ( FTP-75),
- Οδήγηση σε αυτοκινητόδρομο (HWFET),
- Επιθετική οδήγηση (SFTP US06)
- Προαιρετική δοκιμή κλιματισμού (SFTP SC03).

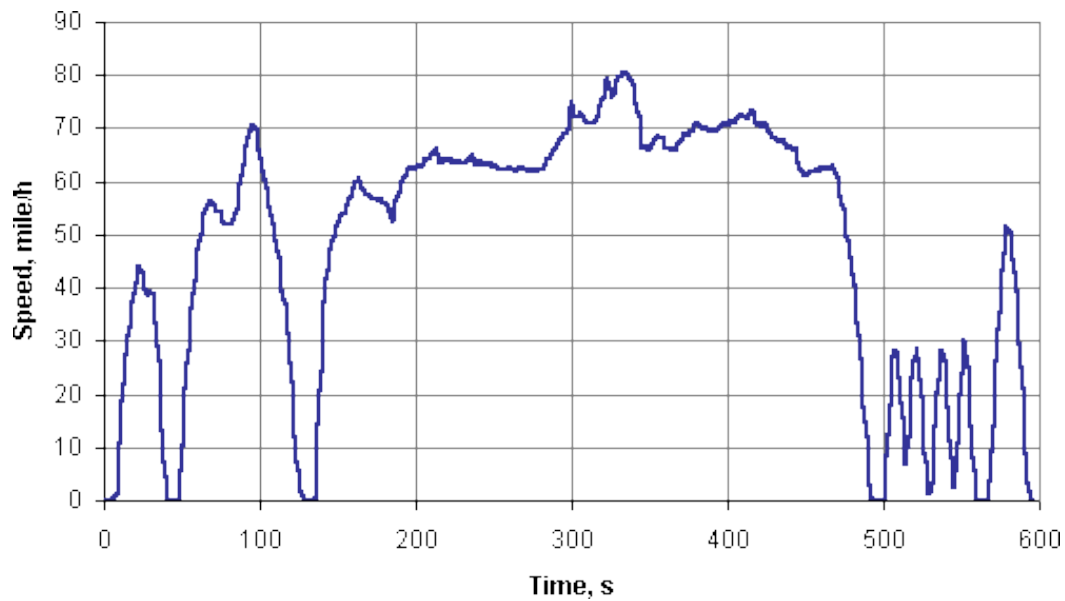
Το HWFET χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της βαθμολογίας οικονομίας καυσίμου σε αυτοκινητόδρομο. Η δοκιμή εκτελείται δύο φορές, με διάλειμμα το πολύ 17 δευτερολέπτων μεταξύ των μετρήσεων. Η πρώτη εκτέλεση είναι μια ακολουθία προετοιμασίας οχήματος, η δεύτερη εκτέλεση είναι η πραγματική δοκιμή με μέτρηση εκπομπών.



**Γράφημα 3.4 : Διακύμανση ταχύτητας του HWFET**

<https://dieselnet.com/standards/cycles/images/hwfet.gif>

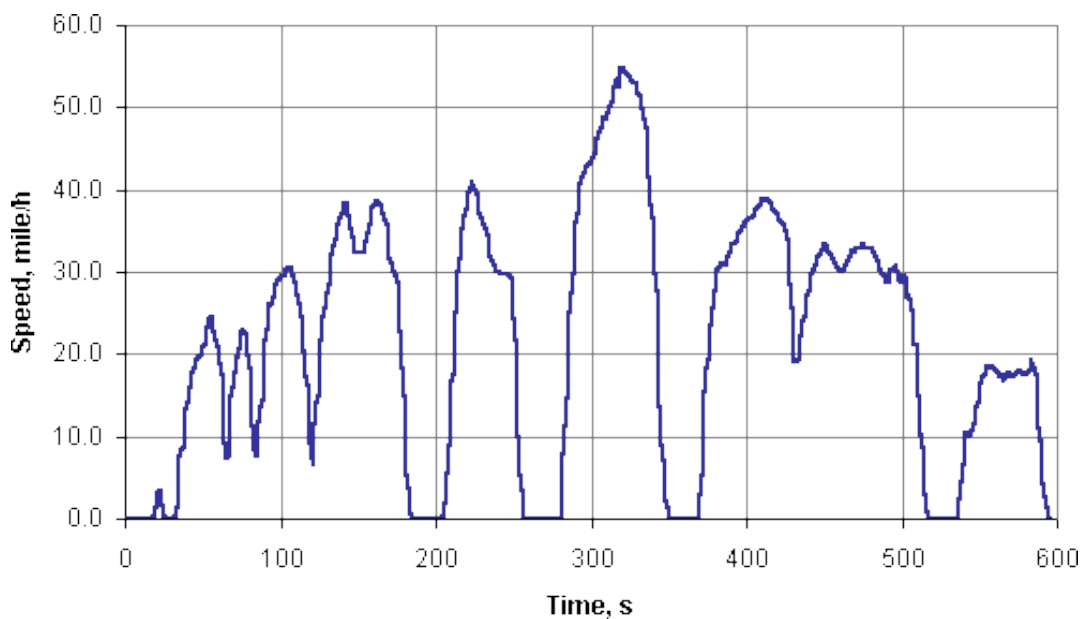
Η διαδικασία SFTP US06 αναπτύχθηκε για να αντιμετωπίσει τις αδυναμίες του κύκλου δοκιμής FTP-75 στην αναπαράσταση της επιθετικής συμπεριφοράς οδήγησης, υψηλής ταχύτητας και υψηλής επιτάχυνσης, γρήγορων διακυμάνσεων ταχύτητας και συμπεριφοράς οδήγησης μετά την εκκίνηση.



**Γράφημα 3.5 : Διακύμανση ταχύτητας του SFTP US06**

[https://dieselnet.com/standards/cycles/images/ftp\\_us06.gif](https://dieselnet.com/standards/cycles/images/ftp_us06.gif)

Η συμπληρωματική διαδικασία δοκιμών SC03 (SFTP) εισήχθη για να προσομοιάσει το φορτίο του κινητήρα και τις εκπομπές που σχετίζονται με τη χρήση κλιματιστικού (A/C) σε οχήματα που έχουν πιστοποιηθεί για τον κύκλο δοκιμών FTP-75 . Το SC03 είναι μια δοκιμή δυναμόμετρου οχήματος που πραγματοποιείται με ενεργοποιημένη τη μονάδα A/C του οχήματος, σε θερμοκρασία εργαστηρίου 35°C.

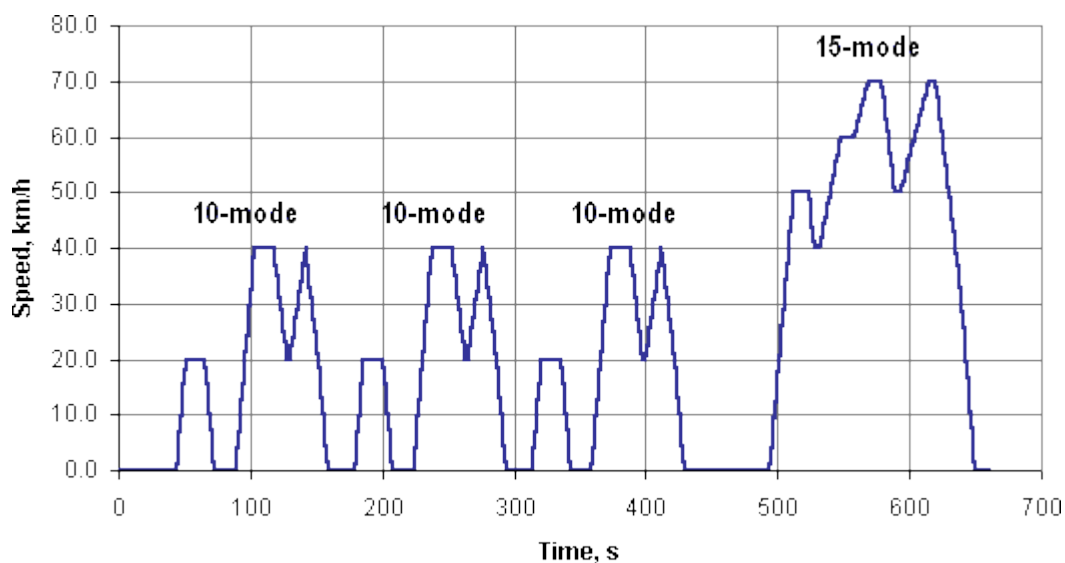


**Γράφημα 3.6 : Διακύμανση ταχύτητας του SFTP SC03**

[https://dieselnet.com/standards/cycles/images/ftp\\_sc03.gif](https://dieselnet.com/standards/cycles/images/ftp_sc03.gif)

### 3.2.4. Οι Ιαπωνικοί κύκλοι οδήγησης

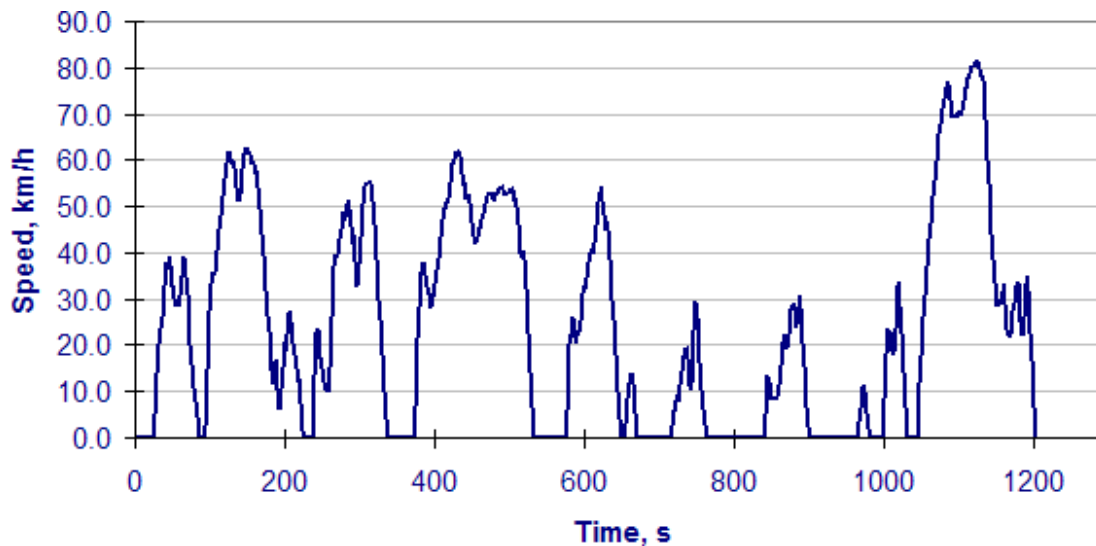
Ο κύκλος 10-15 Mode είχε χρησιμοποιηθεί στην Ιαπωνία για δοκιμές εκπομπών και οικονομίας καυσίμου για ελαφρά οχήματα. Κατά την περίοδο 2008-2011, η δοκιμή αντικαταστάθηκε σταδιακά από τον νεότερο κύκλο JC08. Η δοκιμή 10-15 Mode προέρχεται από τον παλαιότερο κύκλο 10 Mode με την προσθήκη ενός άλλου τμήματος 15 λειτουργιών με μέγιστη ταχύτητα 70 km/h.



**Γράφημα 3.7 : Διακύμανση ταχύτητας του κύκλου 10-15 Mode**

<https://dieselnet.com/standards/cycles/images/jp1015.gif>

Ο ιαπωνικός κανονισμός εκπομπών του 2005 εισήγαγε έναν νέο κύκλο δοκιμής δυναμόμετρου οχήματος, τον JC08 για ελαφρά οχήματα. Η δοκιμή αντιπροσωπεύει οδήγηση σε κυκλοφοριακή συμφόρηση στην πόλη, συμπεριλαμβανομένων περιόδων ρελαντί και συχνά εναλλασσόμενης επιτάχυνσης και επιβράδυνσης. Η μέτρηση γίνεται δύο φορές, με κρύα εκκίνηση και με θερμή εκκίνηση. Η δοκιμή χρησιμοποιείται για τη μέτρηση εκπομπών και τον προσδιορισμό της οικονομίας καυσίμου, για οχήματα τόσο βενζίνης όσο και ντίζελ.



**Γράφημα 3.8 : Διακύμανση ταχύτητας του κύκλου JC08**

[https://dieselnet.com/standards/cycles/images/jp\\_jc08.png](https://dieselnet.com/standards/cycles/images/jp_jc08.png)

### 3.3. Real World κύκλοι οδήγησης

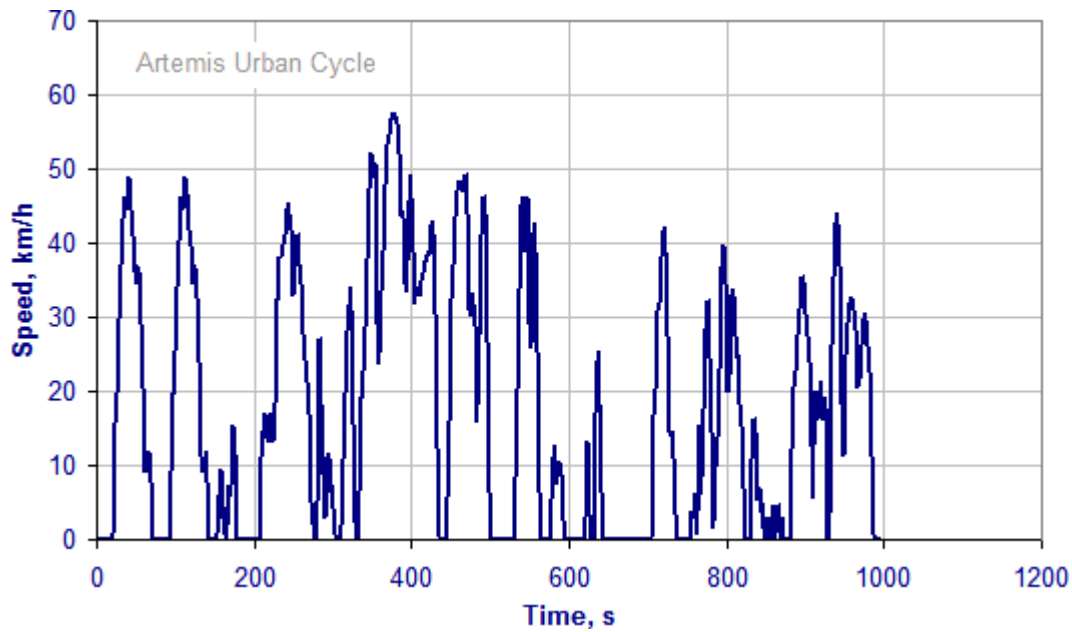
Δεδομένου ότι η οδηγική συμπεριφορά διαφέρει από οδηγό σε οδηγό, και η κυκλοφορία και οι καιρικές συνθήκες διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή, υπάρχει διαφορά μεταξύ των εκπομπών που μετρούνται σε εργαστηριακές συνθήκες και σε πραγματικές συνθήκες. Για παράδειγμα κάθε οδηγός έχει διαφορετικό στυλ οδήγησης. Ένας οδηγός μπορεί να επιταχύνει γρηγορότερα, να κάνει στροφές πιο γρήγορα ή να φρενάρει πιο ξαφνικά από έναν άλλο που μπορεί να οδηγεί πιο συντηρητικά.

Για το λόγο αυτό οργανισμοί και ερευνητικά ιδρύματα αλλά και κατασκευαστές κατασκευάζουν κύκλους οδήγησης που να είναι πιο κοντά στις πραγματικές συνθήκες από τους θεσμοθετημένους κύκλους. Αυτό βοηθάει κυρίως τους κατασκευαστές να βελτιώνουν τα μοντέλα τους.

#### 3.3.1. Οι κύκλοι οδήγησης Artemis

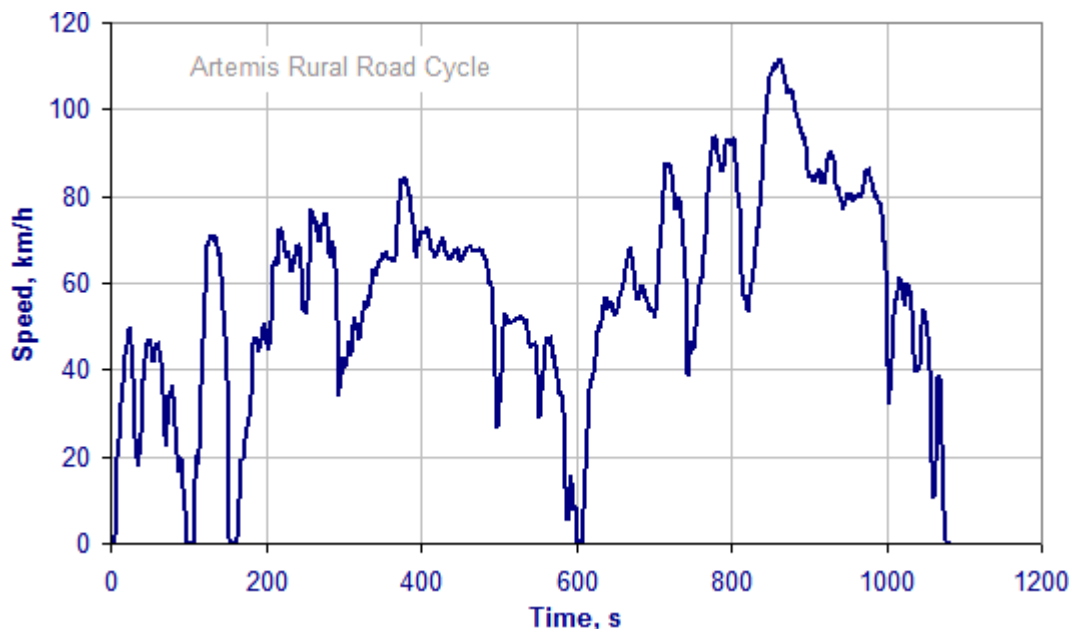
Οι κύκλοι Artemis δεν χρησιμοποιούνται για πιστοποίηση ρύπων ή κατανάλωση καυσίμου, δηλαδή δεν ανήκουν στους θεσμοθετημένους. Ωστόσο, οι κατασκευαστές αυτοκινήτων χρησιμοποιούν αυτό το είδος κύκλου για να κατανοήσουν καλύτερα τις πραγματικές συνθήκες οδήγησης και να αξιολογήσουν τις πραγματικές επιδόσεις των οχημάτων τους. Αυτός ο κύκλος βασίζεται σε μια στατιστική μελέτη που έγινε στην Ευρώπη από δεδομένα που προήλθαν από Real World κύκλους, στο πλαίσιο του έργου European Artemis. Οι

κύκλοι Artemis εκτελούνται σε δυναμόμετρο οχήματος και περιλαμβάνουν τρία προγράμματα οδήγησης: Αστική, Αγροτική και Αυτοκινητόδρομου. Ο κύκλος αυτοκινητοδρόμου έχει δύο παραλλαγές με μέγιστες ταχύτητες 130 και 150 km/h.



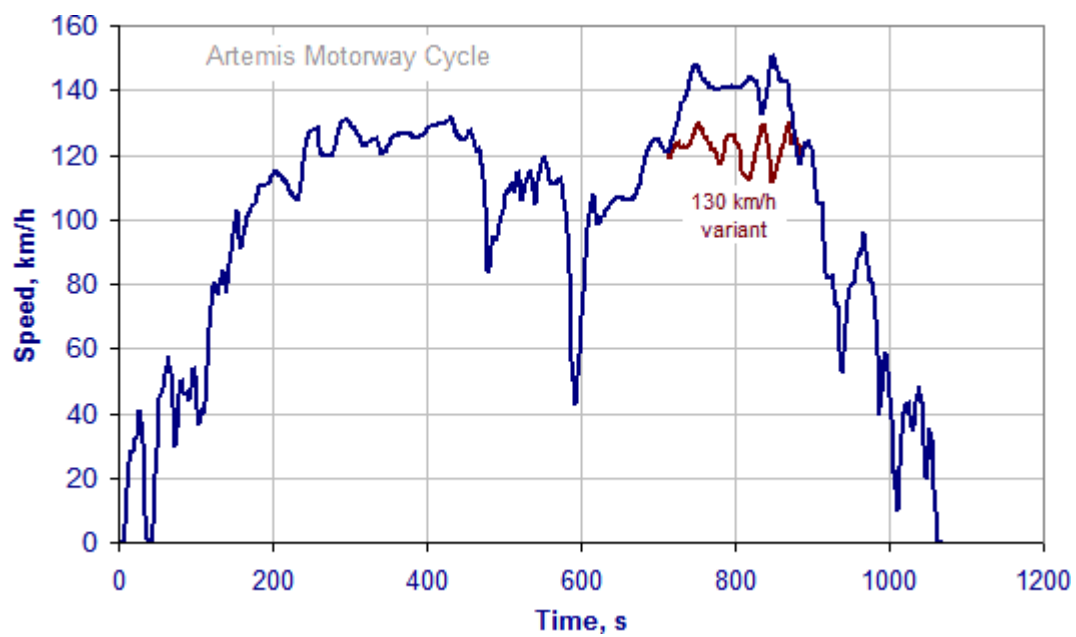
**Γράφημα 3.9 :** Διακύμανση ταχύτητας του κύκλου αστικού κύκλου Artemis

[https://dieselnet.com/standards/cycles/images/artemis\\_motor.png](https://dieselnet.com/standards/cycles/images/artemis_motor.png)



**Γράφημα 3.10 :** Διακύμανση ταχύτητας του κύκλου αγροτικού κύκλου Artemis

[https://dieselnet.com/standards/cycles/images/artemis\\_road.png](https://dieselnet.com/standards/cycles/images/artemis_road.png)



**Γράφημα 3.11 : Διακύμανση ταχύτητας του κύκλου αυτοκινητοδρόμου Artemis**

[https://dieselnet.com/standards/cycles/images/artemis\\_road.png](https://dieselnet.com/standards/cycles/images/artemis_road.png)

## **4. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΝΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΟΔΗΓΗΣΗΣ**

Το προφίλ της ταχύτητας ενός κύκλου οδήγησης καθώς και άλλες διαδικασίες που πρέπει να τηρούνται κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης του κύκλου όπως το αν είναι ζεστή ή κρύα η μηχανή, προκύπτουν από την στατιστική επεξεργασία δεδομένων. Τα δεδομένα συλλέγονται από την οδήγηση οχημάτων στο δρόμο και αντιπροσωπεύουν τις πραγματικές συνθήκες οδήγησης ενός οχήματος. Γενικά για την δημιουργία ενός κύκλου οδήγησης ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία (A. Gebisa 1 , G. Gebresenbet , R. Gopal , R. B. Nallamothu 2021):

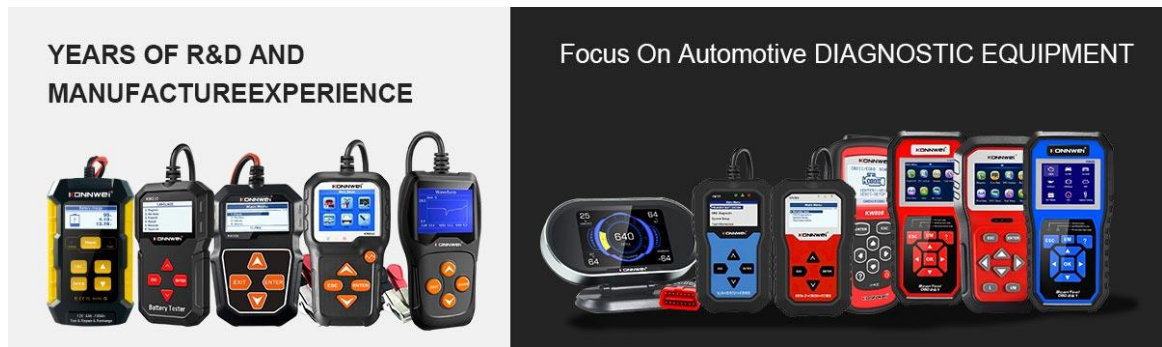
- Επιλογή της διαδρομής
- Συλλογή δεδομένων οδήγησης
- Φιλτράρισμα δεδομένων
- Ομαδοποίηση δεδομένων
- Κατασκευή του κύκλου
- Αξιολόγηση του κύκλου

### **4.1. Επιλογή της διαδρομής**

Η διαδρομή θα πρέπει να είναι υψηλής κυκλοφορίας οχημάτων και ατόμων, να έχει αρκετές διασταυρώσεις δρόμων και αντιπροσωπευτικό αριθμό φωτεινών σηματοδοτών. Επίσης θα πρέπει να υπάρχει κυκλοφορία μέσω μαζικής μεταφοράς και διαβάσεις πεζών. Γενικά δηλαδή θα πρέπει να επιλεγεί μια διαδρομή που να περιέχει όλες τις δυσκολίες που αντιμετωπίζει ένας οδηγός στην καθημερινότητα του και όχι μια ήσυχη διαδρομή, προκειμένου να έχουμε αντιπροσωπευτικές μετρήσεις.

### **4.2. Συλλογή δεδομένων οδήγησης**

Τα δεδομένα στα σημερινά αυτοκίνητα μπορούν να παρθούν από τη διεπαφή διάγνωσης επί του σκάφους (OBD) που διαθέτουν αν συνδεθεί ο κατάλληλος εξοπλισμός. Η OBD παρέχει τα στοιχεία τις στροφές της μηχανής, τη ροπή, την ταχύτητα , και τη ροή καυσίμου. Οι διάφορες συσκευές είναι διαθέσιμες για τη σύνδεση στο υποδοχή OBD II μπορεί να έχουν και σύνδεση Wi-fi ή Bluetooth. Συλλογή δεδομένων ταχύτητας μπορεί να γίνει και με συσκευή GPS. Το πλήθος των δεδομένων που θα συλλεχθούν πρέπει να είναι αρκετά μεγάλο για την κατασκευή αντιπροσωπευτικού κύκλου οδήγησης.



**Εικόνα 4-1 : Φορητοί διαγνωστικοί σαρωτές OBDII**

<http://www.konnwei.com/upload/2021-01-08/20210108140458620.jpg>

### **4.3. Φιλτράρισμα δεδομένων**

Το φιλτράρισμα των δεδομένων ενδείκνυται για να εντοπιστούν και να απαλειφθούν πιθανά σφάλματα που οφείλονται σε σφάλματα μετρήσεων των οργάνων. Τα σύγχρονα όργανα συνήθως κάνουν αξιόπιστες μετρήσεις οπότε μπορεί να παρακαμφθεί αυτή η διαδικασία.

### **4.4. Κατασκευή του κύκλου με τη μέθοδο των microtrips**

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι με τους οποίους κατασκευάζονται κύκλοι οδήγησης. Οι πιο συχνοί τρόποι είναι :

#### **4.4.1. Μέθοδος των microtrips**

Σαν microtrip θεωρείται ένα τμήμα της διαδρομής που αποτελείται από μία φάση κίνησης και μία φάση στάσης. Μία διαδρομή χωρίζεται σε πολλά microtrips και επίσης χωρίζονται και όλες οι καταγραφές ταχυτήτων σε αντίστοιχα microtrips. Κατόπιν τα microtrips των καταγραφών χωρίζονται σε ομάδες ανάλογα με το τμήμα της διαδρομής. Για κάθε ομάδα microtrips υπολογίζουμε τις μέσες τιμές των για διάφορα μεγέθη των καταγραφών που έχουμε κάνει (ταχύτητας, διάρκειας, επιτάχυνσης κλπ). Για να κατασκευαστεί ένας κύκλος οδήγησης επιλέγουμε από την κάθε ομάδα την πιο αντιπροσωπευτική καταγραφή, δηλαδή αυτήν που τα χαρακτηριστικά της μεγέθη, είναι πιο κοντά στις μέσες τιμές της ομάδας. Κατόπιν συνθέτοντας τους αντιπροσώπους της κάθε ομάδας κατασκευάζουμε τον κύκλο οδήγησης για τη συγκεκριμένη διαδρομή. Για να επιλέξουμε την πιο αντιπροσωπευτική διαδρομή από κάθε microtrip μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον τύπο της ευκλείδειας απόστασης, που χρησιμοποιείται για να ελέγξουμε την ομοιότητα δυο διανυσμάτων:



$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$$

Όπου  $x_i$  είναι οι μέσες τιμές των μεγεθών (διαρκείας, ταχύτητας, επιτάχυνσης κλπ) κάθε διαδρομής και  $y_i$  είναι οι μέσες τιμές όλων των διαδρομών για τα αντίστοιχα μεγέθη. Όποια από τις διαδρομές έχει τη μικρότερη ευκλείδεια απόσταση θεωρούμε ότι είναι και η αντιπροσωπευτική διαδρομή του mikrotrip. Για την επιλογή της αντιπροσωπευτικότερης διαδρομής δεν είναι απαραίτητο να συμπεριληφθούν στην ευκλείδεια απόσταση όλα χαρακτηριστικά μεγέθη των διαδρομών. Επιλέγονται εκείνα τα χαρακτηριστικά που μας ενδιαφέρουν περισσότερο.

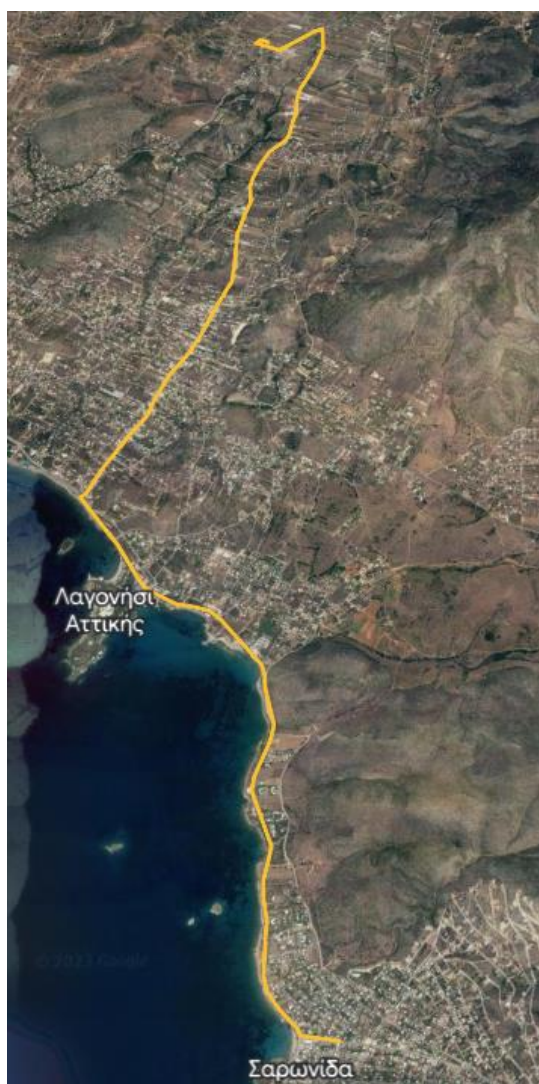
#### 4.4.2. Μέθοδος Markov Chain

Μία αναλυτικότερη μέθοδος ανάπτυξης ενός κύκλου οδήγησης είναι η μέθοδος Markov Chain. Στη μέθοδο αυτή θεωρούμε ότι η επόμενη κατάσταση ταχύτητας και επιτάχυνσης στην οποία μπορεί να βρεθεί το όχημα εξαρτάται μόνο από την κατάσταση ταχύτητας και επιτάχυνσης στην οποία βρίσκεται την παρούσα στιγμή. Έτσι κάνουμε στατιστική επεξεργασία των δεδομένων για κάθε χρονική στιγμή της διαδρομής και υπολογίζουμε για κάθε χρονική στιγμή της διαδρομής ποια είναι η πιθανότερη κατάσταση ταχύτητας και επιτάχυνσης. Επομένως ξεκινώντας με τα δεδομένα που έχουμε για ταχύτητα και επιτάχυνση τη χρονική στιγμή της εκκίνησης, μπορούμε να εκτιμήσουμε τι ταχύτητα και επιτάχυνση θα έχει το όχημα την επόμενη χρονική στιγμή. Έτσι περνώντας από μία χρονική στιγμή στην επόμενη, εκτιμούμε την ταχύτητα και την επιτάχυνση του οχήματος για όλη τη διαδρομή.

## 5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ-ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ

Προκειμένου να παρουσιάσουμε δεδομένα για να σχεδιάσουμε τον κύκλο οδήγησης έγιναν επανειλημμένες δοκιμές στην ίδια διαδρομή και με το ίδιο πάντα αυτοκίνητο. Έγιναν δύο διαδρομές το πρωί και δύο το απόγευμα για κάθε μέρα της εβδομάδας. Οι πρωινές διαδρομές έγιναν περίπου στις 10:00-11:00 π.μ. και οι απογευματινές διαδρομές έγιναν περίπου στις 19:00-20:00 μ.μ. Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν Νοέμβριο και Δεκέμβριο του 2022.

### 5.1. Η διαδρομή των δοκιμών



Εικόνα 5-1 : Η διαδρομή των δοκιμών.

Η διαδρομή βρίσκεται στην περιοχή Λαγονησίου Αττικής. Χρησιμοποιήθηκαν κεντρικές και δευτερεύουσες οδικές αρτηρίες καθώς και μικρότεροι δρόμοι προκειμένου η διαδρομή να είναι αντιπροσωπευτική της περιοχής. Οι οδοί και οι λεωφόροι που σχηματίζουν τη διαδρομή είναι με τη σειρά οι εξής:

- Οδός Αγίων Πάντων (Λαγονήσι)
- Γαλάζιας Ακτής (Λαγονήσι)
- Θορικού (Λαγονήσι)
- Επαρχιακή οδός Σταύρου Αναβύσσου
- Λεωφόρος Καλυβίων (Λαγονήσι)
- Λεωφόρος Αθηνών Σουνίου
- Λεωφόρος Σαρωνίδας (Σαρωνίδα).

Η διαδρομή έχει μήκος 11 έως 11,5 χιλιόμετρα και ο χρόνος για να την διανύσεις κυμαίνεται από 10 έως 15 λεπτά. Στη διαδρομή υπάρχουν 3 φωτεινοί σηματοδότες και 3 κυκλικές διαδρομές.

## 5.2. Το αυτοκίνητο των δοκιμών

Το αυτοκίνητο που χρησιμοποιήθηκε για τις δοκιμές ήταν ένα TOYOTA Yaris 1.5 HDF style Bi-t υβριδικό με κινητήρα 1.500 κυβικών εκατοστών.



**Εικόνα 5-2 : Το αυτοκίνητο των δοκιμών TOYOTA Yaris 1.5 HDF style Bi-t.**

<https://www.toyota.gr/new-cars/yaris>

Τα χαρακτηριστικά του αυτοκινήτου είναι :

- Καύσιμο : Βενζίνη και ηλεκτρισμός
- Μετάδοση κίνησης : Αυτόματα συνεχούς μεταβαλλόμενης σχέσης
- Αριθμός ταχυτήτων : 1
- Κυβικά : 1490cc
- Ιπποδύναμη : 92hp
- Χώρος αποσκευών : 286 λίτρα
- Εκπομπές : CO<sub>2</sub>/km : 97gr/km
- Κατανάλωση (Μικτός κύκλος) : Από 2,8 lt/100km
- Επιτάχυνση 0-100km/h : 9,7sec
- Τελική ταχύτητα : 175 km/h

### 5.3. Η συσκευή και η εφαρμογή καταγραφής

Για τη λήψη των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η διαγνωστική συσκευή OBDII, KW903 της εταιρείας KONNWEI. Η συσκευή μπορεί να εκτελέσει έναν πλήρες διαγνωστικό έλεγχο στο αυτοκίνητο και να μετρήσει τα παρακάτω μεγέθη :

- Κατανάλωση καυσίμου.
- Ταχύτητας του αυτοκινήτου σε πραγματικό χρόνο
- Πίεση λαδιού
- Θερμοκρασία ψυκτικού υγρού
- Θέση γκαζιού, τιμές αισθητήρων οξυγόνου, θερμοκρασία εισαγωγής αέρα και πολλά άλλα.

Η συσκευή συνδέεται στην υποδοχή OBDII του αυτοκινήτου. Τα χαρακτηριστικά της είναι :

- Μικρό μέγεθος και συμπαγής κατασκευή.
- Αυτόματη διακοπή επικοινωνίας μετά από μισή ώρα.
- Υποστηρίζει όλα τα πρωτόκολλα OBD-II
- Τάση λειτουργίας :12V
- Θερμοκρασία Λειτουργίας: -20 ~ +70°C
- Ευαισθησία RF: -85db
- Λειτουργία διαμόρφωσης: GFSK
- Εύρος συχνοτήτων: 2402 ~ 2480MHZ
- Εμβέλεια μετάδοσης: 10 μέτρα
- Bluetooth: SPP
- Παράμετροι UART: 38400,8,n,1



**Εικόνα 5-3 : Η διαγνωστική συσκευή KW903 της εταιρείας KONNWEI.**  
[https://www.alibaba.com/product-detail/OBD2-Scanner-Diagnostic-Tool-Code-Reader\\_1600175310879.html](https://www.alibaba.com/product-detail/OBD2-Scanner-Diagnostic-Tool-Code-Reader_1600175310879.html)

Μέσω bluetooth το KW903 μπορεί να συνδεθεί με smartphones και tablets με σύστημα android και να στείλει τα δεδομένα που καταγράφει για αποθήκευση και επεξεργασία στο smartphone ή το tablets με το οποίο είναι συνδεδεμένο. Για τη σύνδεση του smartphone με τη συσκευή θα πρέπει να κατεβάσουμε την εφαρμογή TORQUE. Αφού συνδέσουμε τη συσκευή KW903 στο αυτοκίνητο από το μενού της εφαρμογής και την επιλογή bluetooth αναζητούμε τη συσκευή και συνδεόμαστε μαζί της. Από την επιλογή Torque setting επιλέγουμε OBD2 Adapter Setting για να επιλέξουμε τα δεδομένα που θα αποθηκεύονται στο smartphone. Κατόπιν πρέπει να δημιουργήσουμε ένα νέο προφίλ για το αυτοκίνητο. Αυτό γίνεται από την επιλογή Create New Profile. Το profile περιλαμβάνει :

- Τύπο του οχήματος (Vehicle Type)
- Κυβισμό του οχήματος σε lt (Engine Displacement in Litre)
- Το βάρος μαζί με του οδηγού των καυσίμων κ.α (Total Vehicle Weight, including driver, fuel etc).
- Τον τύπο του καυσίμου για τον υπολογισμό της απόδοσης (Fuel Type for MPG calculation)
- Την χωρητικότητα του ρεζερβουάρ (Fuel Tank Capacity)
- Τις μέγιστες στροφές ανά λεπτό του οχήματος (Max dial RPM)

- Την τιμή του καυσίμου (Fuel Cost).

Αφού δώσουμε ένα όνομα στο profile που δημιουργήσαμε το αποθηκεύουμε (save).



Από την επιλογή Chart settings μπορούμε να επιλέξουμε τύπο γραφήματος (Graph Type), μέγιστος αριθμός καταγραφής των δεδομένων (Maximum number of datapoints to record,) το ρυθμό καταγραφής (Logging interval) σε milliseconds. Από την επιλογή Select X axis sensors επιλέγονται τα δεδομένα που μας ενδιαφέρει να καταγράψουμε (κατανάλωση, ταχύτητα κλπ). Αν όλα είναι εντάξει τα τέσσερα εικονίδια πάνω αριστερά στην εφαρμογή του Torque να είναι μπλε. Το πρώτο εικονίδιο δείχνει ότι το GPS λειτουργεί, το δεύτερο δείχνει ότι το κινητό τηλέφωνο και η συσκευή OBD2 έχουν συνδεθεί, το τρίτο εικονίδιο δείχνει ότι το OBD2 έχει συνδεθεί με το αυτοκίνητο και το τέταρτο εικονίδιο δείχνει ότι το OBDII μπορεί να συνδεθεί με τον “εγκέφαλο” του αυτοκινήτου και να γίνετε λήψη δεδομένων.

Τα δεδομένα αποθηκεύονται στην εφαρμογή και μπορούμε να τα πάρουμε με την μορφή αρχείου excel και να τα επεξεργαστούμε. Για το σχεδιασμό του κύκλου οδήγησης μας χρειάζεται η στήλη με την ταχύτητα.

GPS Time	Device Time	Longitude	Latitude	GPS Speed (Meters/second)	Horizontal Dilution of Precision	Altitude	Bearing	G(x)	G(y)	G(z)	G(calibrated)
Mon Dec 19 10:32:45 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:32:45.256	23.90051626	37.82710749	0	3.790092468	141.1672363	0	0.19202402	9.03918648	2.70179582	-0.14802557
Mon Dec 19 10:32:46 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:32:46.255	23.90051587	37.82710744	0	3.790092468	141.3015137	0	-0.23659034	9.04038334	4.76889563	-0.06774485
Mon Dec 19 10:32:47 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:32:47.254	23.90051472	37.82710759	0	3.790092468	141.211731	0	0.40498522	7.22542715	5.65787625	-0.1722691
Mon Dec 19 10:32:48 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:32:48.255	23.90051436	37.82710774	0	3.790092468	141.2271729	0	1.1183455	6.98375177	6.88175774	-0.10399389
Mon Dec 19 10:32:49 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:32:49.254	23.90051439	37.82710773	0	3.790092468	141.2437744	0	1.13030958	6.74686241	7.11894655	-0.10350287
Mon Dec 19 10:32:50 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:32:50.254	23.90051319	37.8271087	0.159999996	3.790092468	141.229248	298.8999939	1.25503552	6.70295923	7.10817862	-0.10583413
Mon Dec 19 10:32:51 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:32:51.254	23.90051418	37.82711371	0.589999974	3.790092468	141.1260986	13.19999981	1.18893373	6.72532701	7.09142353	-0.10632133
Mon Dec 19 10:32:52 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:32:52.254	23.90051793	37.82712214	0.970000029	3.790092468	141.0217896	22.5	0.70917279	6.76002312	6.9030675	-0.12245893
Mon Dec 19 10:32:53 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:32:53.254	23.90052387	37.8271313	1.028999971	3.790092468	140.8519287	33.20000076	0.8611706	7.05792952	6.77647352	-0.10868204
Mon Dec 19 10:32:54 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:32:54.254	23.90053455	37.82714242	1.340000033	3.790092468	141.0299072	43.59999847	1.00947201	7.01485872	6.86141872	-0.10438502
Mon Dec 19 10:32:55 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:32:55.254	23.90054906	37.82715262	1.480000019	3.790092468	140.9663696	55.59999847	0.32961133	7.40040207	6.30718136	-0.11817825
Mon Dec 19 10:32:56 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:32:56.254	23.90056484	37.82716007	1.480000019	3.790092468	140.9766235	67.30000305	0.78454673	7.3262248	5.942276	-0.14502567
Mon Dec 19 10:32:57 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:32:57.254	23.90067714	37.82716398	1	3.790092468	140.9395654	77.19999695	0.23509483	7.76291466	6.33628631	-0.08805764
Mon Dec 19 10:32:58 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:32:58.255	23.90058371	37.82716659	0.560000002	3.790092468	140.9398996	62	0.42412782	6.82582589	6.76690245	-0.12200099
Mon Dec 19 10:32:59 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:32:59.255	23.90058187	37.82717041	0	3.790092468	141.3323975	0	0.5593223	7.97497892	6.10139847	-0.08476734
Mon Dec 19 10:33:00 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:33:00.254	23.90058226	37.82717232	0.350000002	3.790092468	141.5394897	85.09999847	0.93888378	8.0324668	5.9282844	-0.0811343
Mon Dec 19 10:33:01 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:33:01.254	23.90058585	37.82717511	1.639999986	3.790092468	141.6906738	90.80000305	0.22791636	7.89601564	6.29521704	-0.08027387
Mon Dec 19 10:33:02 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:33:02.254	23.90058629	37.82717874	2.309999943	3.790092468	142.1213379	95.40000153	0.5334026	7.54038239	6.81396239	-0.07243502
Mon Dec 19 10:33:03 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:33:03.254	23.90058086	37.82718386	2.769999981	3.790092468	142.324707	94.90000153	0.03978088	8.05872726	6.79441977	-0.03543317
Mon Dec 19 10:33:04 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:33:04.257	23.90056918	37.82719175	3.079999924	3.790092468	142.5322264	91.09999847	1.4584254	8.0060854	5.94387112	-0.08865142
Mon Dec 19 10:33:05 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:33:05.254	23.90055309	37.82720267	3.700000048	3.790092468	143.083374	88.19999695	-0.15014961	6.4163537	6.40169811	-0.15857506
Mon Dec 19 10:33:06 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:33:06.257	23.90053042	37.82721368	4.019999981	3.790092468	143.0090332	87.19999695	-0.1026929	7.8062849	5.87737083	-0.11362749
Mon Dec 19 10:33:07 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:33:07.255	23.90050164	37.82722495	4.190000057	3.790092468	143.0410156	87	0.21595225	7.42433023	7.38990671	-0.04123998
Mon Dec 19 10:33:08 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:33:08.255	23.9004889	37.82723678	4.039999962	3.790092468	143.272583	87.30000305	0.77617186	7.46500826	7.4419775	-0.03252137
Mon Dec 19 10:33:09 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:33:09.255	23.90043057	37.82724846	3.589999914	3.790092468	143.2802734	88	0.07328019	7.22303438	5.15802813	-0.20514222
Mon Dec 19 10:33:10 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:33:10.254	23.90039148	37.82725976	3.970000029	3.790092468	143.18573	86.90000153	0.42771706	8.64885712	7.4204421	-0.05254555
Mon Dec 19 10:33:11 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:33:11.254	23.90030242	37.82727855	3.900000095	3.790092468	143.7071533	294.79999878	0.85752779	7.61934566	5.56246701	-0.13933975
Mon Dec 19 10:33:12 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:33:12.254	23.90021858	37.82729606	3.869999886	3.790092468	143.9403687	292.29999878	1.73360002	6.3026948	6.8051877	-0.14804476
Mon Dec 19 10:33:13 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:33:13.255	23.90015036	37.82731013	3.789999962	3.790092468	144.4455566	289.79999878	0.78933239	7.39920568	6.67477894	-0.09049477
Mon Dec 19 10:33:14 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:33:14.254	23.900097	37.82732102	3.25	3.790092468	144.6256714	286.2000122	0.03619144	7.59863148	6.77498075	-0.09231341
Mon Dec 19 10:33:15 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:33:15.254	23.90005432	37.82733027	3.099999905	3.790092468	144.5635376	281.6000061	-0.31316066	7.61336327	6.15882635	-0.11119658
Mon Dec 19 10:33:16 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:33:16.254	23.90001264	37.82733715	3.269999981	3.790092468	144.5102539	277.29999878	-0.12293126	7.25922585	6.19609457	-0.14092386
Mon Dec 19 10:33:17 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:33:17.254	23.89997111	37.82734334	3.390000105	3.790092468	144.7178345	274.2000122	-0.11216356	8.09701252	6.72742081	-0.03677058
Mon Dec 19 10:33:18 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:33:18.254	23.89993322	37.82734997	3.230000019	3.790092468	145.0443726	271.7000122	-0.85902333	7.43629456	7.0878396	-0.05907166
Mon Dec 19 10:33:19 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:33:19.255	23.89990205	37.82735657	2.700000048	3.790092468	145.3858032	269	0.40488622	7.01844788	6.66181823	-0.1226694
Mon Dec 19 10:33:20 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:33:20.254	23.89987942	37.82736277	1.990000019	3.790092468	145.8445435	265.6000061	-0.07148558	7.40638447	6.82791948	-0.08304596
Mon Dec 19 10:33:21 GMT+02:00 2022	19-11-2022 10:33:21.254	23.89986884	37.82736814	0.920000017	3.790092468	145.7695923	260.2999878	0.42532423	6.87727118	7.03011274	-0.10648549

**Εικόνα 5-4 : Αρχείο excel με δεδομένα από το KW903.**

## 6. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ-ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ

### 6.1. Τρόπος υπολογισμού ταχυτήτων και επιταχύνσεων και στάσεων

Η ταχύτητα που μας δίνει η εφαρμογή στο φύλλο Excel είναι σε m/s. Όποια ταχύτητα είναι κάτω από 3 m/s την θεωρούμε 0. Για να τη μετατρέψουμε την ταχύτητα σε km/h εφαρμόζουμε τον παρακάτω τύπο:

$$1 \frac{m}{s} = \frac{1}{\frac{1}{1000} \frac{km}{1}} = 3,6 \frac{km}{h}$$

Η επιτάχυνση του οχήματος υπολογίζεται από τον τύπο :

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_i - v_{i-1}}{t_i - t_{i-1}}$$

Επειδή η συσκευή έχει ρυθμιστεί για να παίρνει δεδομένα ανά ένα δευτερόλεπτο το  $\Delta t = 1sec$ . Επομένως για να υπολογίσουμε την επιβράδυνση ή την επιτάχυνση του οχήματος σε μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή, αρκεί να αφαιρέσουμε από την ταχύτητα που έχει εκείνη τη στιγμή το όχημα την ταχύτητα που είχε το προηγούμενο δευτερόλεπτο. Η επιτάχυνση υπολογίζεται σε  $m/s^2$  τετράγωνο. Αφαιρούμε δηλαδή τις ταχύτητες πριν τις μετατρέψουμε σε χιλιόμετρα ανά ώρα. Αφαιρώντας από το χρόνο άφιξης τον χρόνο εκκίνησης μπορούμε να υπολογίσουμε το συνολικό χρόνο της κάθε διαδρομής

Με τις έτοιμες συναρτήσεις που διαθέτει το Excel για τον υπολογισμό της μέσης τιμής (AVERAGE) μπορούμε να υπολογίσουμε μέση ταχύτητα μέση επιτάχυνση μέση επιβράδυνση ποσοστό χρόνο σε στάση και τον αριθμό των στάσεων. Από την επεξεργασία που έγινε τα δεδομένα που πήραμε για 14 ημέρες πρωί και απόγευμα, δηλαδή από συνολικά 28 σειρές μετρήσεων προέκυψαν οι παρακάτω μέσες τιμές :



	ΗΜΕΡΑ	ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΗΜΕΡΑΣ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ (sec)	ΜΕΣΗ ΩΡΙΑΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑ (km/h)	ΜΕΣΗ ΩΡΙΑΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΧΩΡΙΣ ΣΤΑΣΕΙΣ (km/h)	ΜΕΣΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ (m/s <sup>2</sup> )	ΜΕΣΗ ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΣΗ (m/s <sup>2</sup> )	ΠΟΣΟΣΤΟ ΧΡΟΝΟΥ ΣΕ ΣΤΑΣΗ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΑΣΕΩΝ
1	Δευτέρα	Πρωί	894	44,30	54,99	1,95	-1,93	19,5%	4
		Απόγευμα	945	41,90	54,51	2,21	-2,27	23,1%	5
2	Τρίτη	Πρωί	932	42,49	54,09	1,91	-1,98	21,5%	5
		Απόγευμα	842	47,03	57,45	1,72	-1,93	18,1%	4
3	Τετάρτη	Πρωί	920	43,04	55,31	1,87	-1,82	22,2%	4
		Απόγευμα	917	43,18	54,84	1,78	-1,79	21,3%	4
4	Πέμπτη	Πρωί	911	43,47	55,41	1,88	-1,74	21,6%	5
		Απόγευμα	889	44,54	54,61	1,48	-1,62	18,4%	3
5	Παρασκευή	Πρωί	927	42,72	55,57	1,79	-1,86	23,1%	4
		Απόγευμα	853	46,42	56,05	1,93	-1,97	17,2%	4
6	Σάββατο	Πρωί	822	48,18	57,58	2,01	-1,91	16,3%	4
		Απόγευμα	724	53,8	58,13	0,49	-0,47	7,5%	3
7	Κυριακή	Πρωί	815	48,59	57,83	1,95	-2,02	16,0%	4
		Απόγευμα	892	44,39	53,78	1,89	-1,92	17,5%	4
8	Δευτέρα	Πρωί	883	45,25	55,55	1,84	-1,98	18,6%	4
		Απόγευμα	918	43,14	54,20	1,96	-2,07	20,4%	5
9	Τρίτη	Πρωί	924	42,86	49,61	0,79	-0,76	13,6%	3
		Απόγευμα	722	51,31	57,75	2,51	-2,62	11,2%	4
10	Τετάρτη	Πρωί	931	42,53	53,26	1,86	-1,91	20,1%	4
		Απόγευμα	894	44,30	54,97	2,11	-2,15	19,4%	4
11	Πέμπτη	Πρωί	925	42,81	53,55	2,01	-2,07	20,1%	4
		Απόγευμα	898	44,10	53,26	1,98	-2,05	17,2%	3
12	Παρασκευή	Πρωί	920	43,04	52,59	2,18	-2,23	18,2%	4
		Απόγευμα	915	43,28	52,48	1,93	-1,99	17,5%	4
13	Σάββατο	Πρωί	814	48,65	59,64	1,84	-1,97	18,4%	4
		Απόγευμα	794	49,87	56,89	1,05	-1,45	12,3%	3
14	Κυριακή	Πρωί	814	48,65	57,38	2,19	-2,32	15,2%	4
		Απόγευμα	897	44,15	52,69	0,87	-1,25	16,2%	3
<b>ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ</b>			<b>876</b>	<b>45,29</b>	<b>55,14</b>	<b>1,79</b>	<b>-1,86</b>	<b>17,9%</b>	<b>3,93</b>

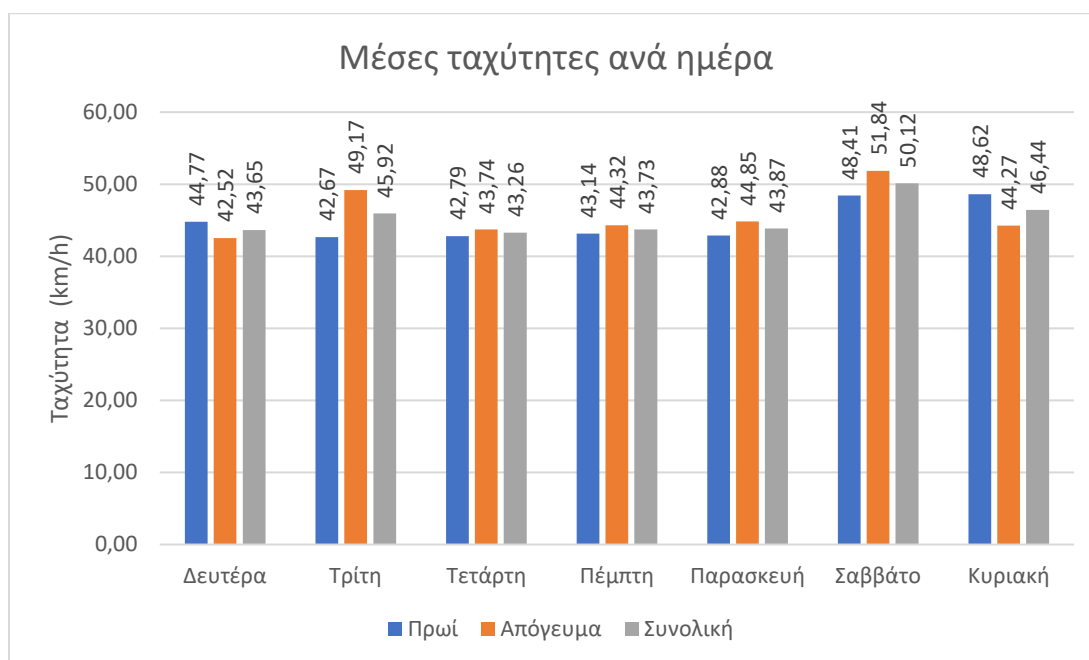
**Πίνακας 6.1 : Μέσες τιμές ταχύτητας, επιτάχυνσης, επιβράδυνσης, και στάσης**

Από τον παραπάνω πίνακα και χρησιμοποιώντας πάλι τις έτοιμες συναρτήσεις του Excel για τη μέση τιμή μπορούμε να υπολογίσουμε : το μέσο χρόνο διάρκειας της διαδρομής, τη μέση ταχύτητα της διαδρομής, τη μέση ταχύτητα με στάσεις, τη μέση επιτάχυνση, τη μέση επιβράδυνση, το μέσο ποσοστό χρόνους σε στάση και το μέσο αριθμό προτάσεων. Η μέση ταχύτητα που θα υπολογίσουμε για όλες της διαδρομής θα είναι και αυτή που θα μας βοηθήσει να σχεδιάσουμε τον κύκλο οδήγησης. Οι υπόλοιπες τιμές μας βοηθούν να βγάλουμε χρήσιμα συμπεράσματα για τα χαρακτηριστικά της διαδρομής.

## 6.2. Μέση ταχύτητα

Μέσες ταχύτητες ανά ημέρα (km/h)							
	Δευτέρα	Τρίτη	Τετάρτη	Πέμπτη	Παρασκευή	Σάββατο	Κυριακή
Πρωί	44,77	42,67	42,79	43,14	42,88	48,41	48,62
Απόγευμα	42,52	49,17	43,74	44,32	44,85	51,84	44,27
Συνολική	43,65	45,92	43,26	43,73	43,87	50,12	46,44

Πίνακας 6.2 : Μέση ταχύτητα ανά ημέρα.



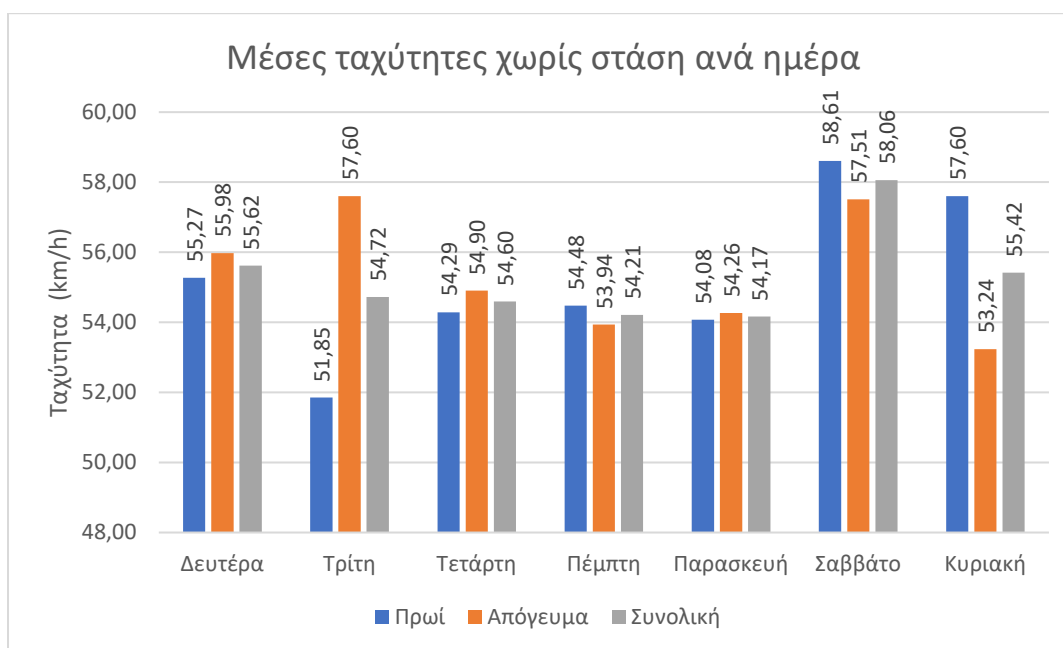
Γράφημα 6.1 : Μέση ταχύτητα ανά ημέρα.

Από το παραπάνω γράφημα παρατηρούμε ότι οι μέσες ταχύτητες το Σάββατο και την Κυριακή, είναι ελαφρώς αυξημένες ως προς τις υπόλοιπες ημέρες της εβδομάδας. Το γεγονός αυτό είναι φυσιολογικό αν λάβουμε υπόψη μας ότι αυτές τις ημέρες έχουμε συνήθως μειωμένη κίνηση στους δρόμους συγκριτικά με τις υπόλοιπες ημέρες της εβδομάδας. Η ημέρα με τη μικρότερη μέση συνολική ταχύτητα είναι η Τετάρτη, ενώ η μέρα με την μεγαλύτερη με σε συνολική ταχύτητα είναι το Σάββατο. Επίσης τις περισσότερες ημέρες η ταχύτητα το απόγευμα είναι υψηλότερη από την ταχύτητα το πρωί. Για να διαπιστωθεί εάν αυτό είναι ένας γενικός κανόνας θα πρέπει να παρθούν μετρήσεις για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Γενικά πάντως μπορούμε να πούμε ότι η διακύμανση της μέσης ταχύτητας είναι μικρή.

### 6.3. Μέση ταχύτητα χωρίς στάση

Μέσες ταχύτητες χωρίς στάση ανά ημέρα (km/h)							
	Δευτέρα	Τρίτη	Τετάρτη	Πέμπτη	Παρασκευή	Σάββατο	Κυριακή
Πρωί	55,27	51,85	54,29	54,48	54,08	58,61	57,60
Απόγευμα	55,98	57,60	54,90	53,94	54,26	57,51	53,24
Συνολική	55,62	54,72	54,60	54,21	54,17	58,06	55,42

Πίνακας 6.3 : Μέση ταχύτητα χωρίς στάση ανά ημέρα.



Γράφημα 6.2 : Μέση ταχύτητα χωρίς στάση ανά ημέρα.

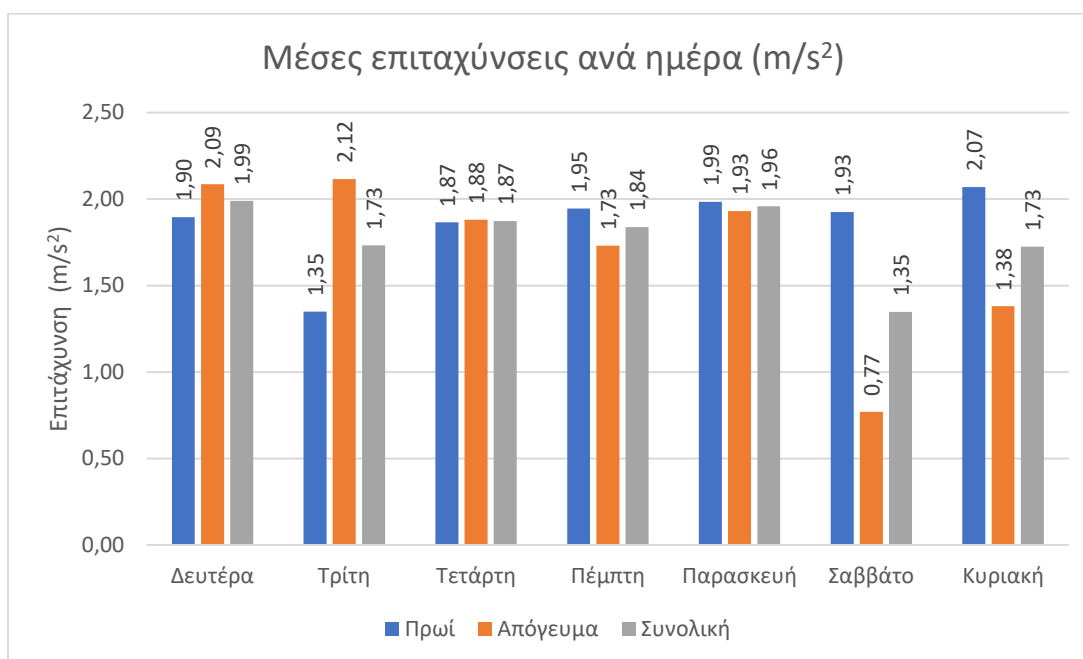
Στο διάγραμμα των μέσων ταχυτήτων χωρίς στάση παρουσιάζονται οι μέσες ταχύτητες που αναπτύσσονται από το όχημα, αν αφαιρέσουμε τα χρονικά διαστήματα για τα οποία το όχημα ήταν σταματημένο σε κάποιο φωτεινό σηματοδότη ή σταμάτησε για κάποιο άλλο λόγο. Η διακύμανση της μέσης ταχύτητας χωρίς στάση είναι σχετικά μεγάλη και πάντως πολύ μεγαλύτερη από την διακύμανση της μέσης ταχύτητας συμπεριλαμβανομένων των στάσεων. Και εδώ μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι το Σάββατο και την Κυριακή έχουμε αυξημένες ταχύτητες συγκριτικά με τις υπόλοιπες ημέρες. Αξιοσημείωτο είναι ότι ενώ κατά τις εργάσιμες ημέρες συνήθως η απογευματινή ταχύτητα είναι μεγαλύτερη από την πρωινή το Σάββατο και την Κυριακή συμβαίνει το αντίθετο. Μάλιστα την Κυριακή αυτή η διαφορά είναι σημαντική και θα πρέπει να υποθέσουμε ότι μπορεί να παίζει ρόλο και η τοποθεσία της περιοχής καθώς αυτή βρίσκεται στο νότιο παραλιακό μέτωπο της Αττικής. Επίσης η διαδρομή μας περιέχει και τμήμα της παραλιακής λεωφόρου Αθηνών-Σουνίου και συνδέει τις πυκνοκατοικημένες περιοχές των Αθηνών με περιοχές που υπάρχουν πολλά

καταστήματα αναψυχής, πολλά εξοχικά και θεωρούνται παραδοσιακές περιοχές για την έξοδο του Σαββατοκύριακου.

#### 6.4. Μέση επιτάχυνση

Μέσες επιταχύνσεις ανά ημέρα (m/s <sup>2</sup> )							
	Δευτέρα	Τρίτη	Τετάρτη	Πέμπτη	Παρασκευή	Σαββάτο	Κυριακή
Πρωί	1,90	1,35	1,87	1,95	1,99	1,93	2,07
Απόγευμα	2,09	2,12	1,88	1,73	1,93	0,77	1,38
Συνολική	1,99	1,73	1,87	1,84	1,96	1,35	1,73

Πίνακας 6.4 : Μέση επιτάχυνση ανά ημέρα.



Γράφημα 6.3 : Μέση επιτάχυνση ανά ημέρα.

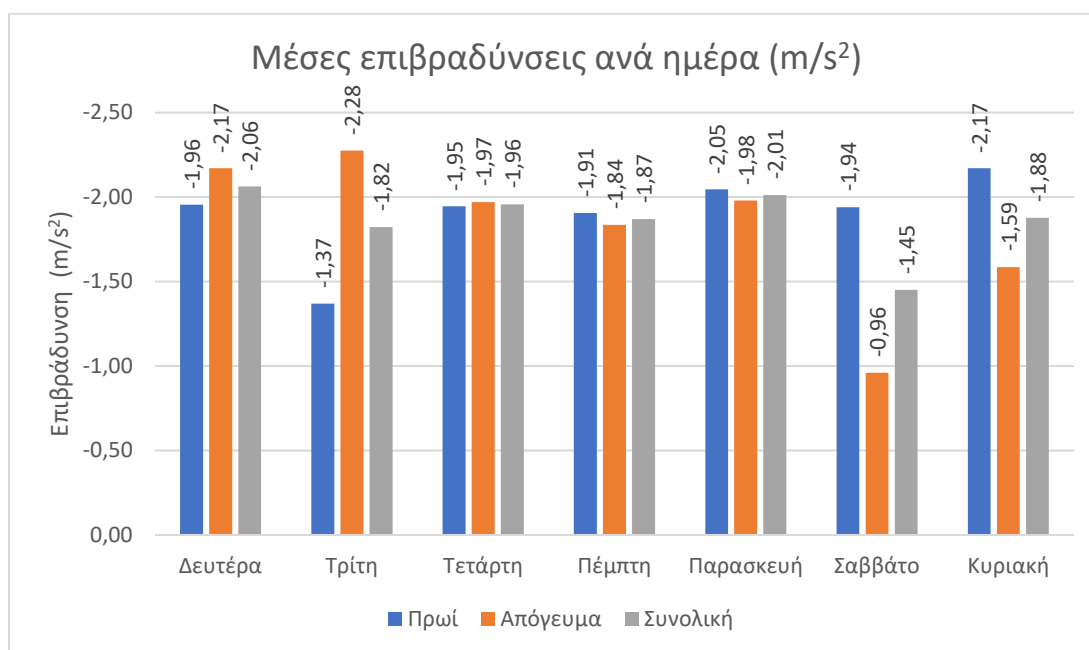
Από το γράφημα των επιταχύνσεων βλέπουμε ότι η επιτάχυνση γενικά παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση και παίρνει τις μικρότερες τιμές το Σάββατο και την Κυριακή και ειδικά τις απογευματινές ώρες. Μεγάλες επιταχύνσεις έχουμε τη στιγμή που ένα όχημα ξεκινάει από τη στάση για να αναπτύξει μία ταχύτητα που του επιτρέπει η κυκλοφοριακή κίνηση και η ποιότητα του δρόμου της διαδρομής. Επομένως η μέση επιτάχυνση επηρεάζεται σημαντικά από τον αριθμό των κόκκινων σηματοδοτών που θα συναντήσει ένα όχημα στην πορεία του αλλά και από τον αριθμό των έκτακτων περιστάσεων που θα συναντήσει και θα το αναγκάσουν να σταματήσει. Επίσης επηρεάζεται και από την κυκλοφοριακή κίνηση που ίσως δεν του επιτρέπει να αναπτύξει σημαντική ταχύτητα ξεκινώντας από τη στάση. Αυτό μπορεί να δικαιολογήσει τις μικρές τιμές επιτάχυνσης που παρατηρούμε το απόγευμα του

Σαββάτου και της Κυριακής, που όπως αιτιολογήσαμε προηγουμένως η διαδρομή μας είναι φυσικό να παρουσιάζει σημαντική αύξηση της κυκλοφοριακής κίνησης.

### 6.5. Μέση επιβράδυνση

Μέσες επιβραδύνσεις ανά ημέρα (m/s <sup>2</sup> )							
	Δευτέρα	Τρίτη	Τετάρτη	Πέμπτη	Παρασκευή	Σαββάτο	Κυριακή
Πρωί	-1,96	-1,37	-1,95	-1,91	-2,05	-1,94	-2,17
Απόγευμα	-2,17	-2,28	-1,97	-1,84	-1,98	-0,96	-1,59
Συνολική	-2,06	-1,82	-1,96	-1,87	-2,01	-1,45	-1,88

Πίνακας 6.5 : Μέση επιβράδυνση ανά ημέρα.



Γράφημα 6.4 : Μέση επιβράδυνση ανά ημέρα.

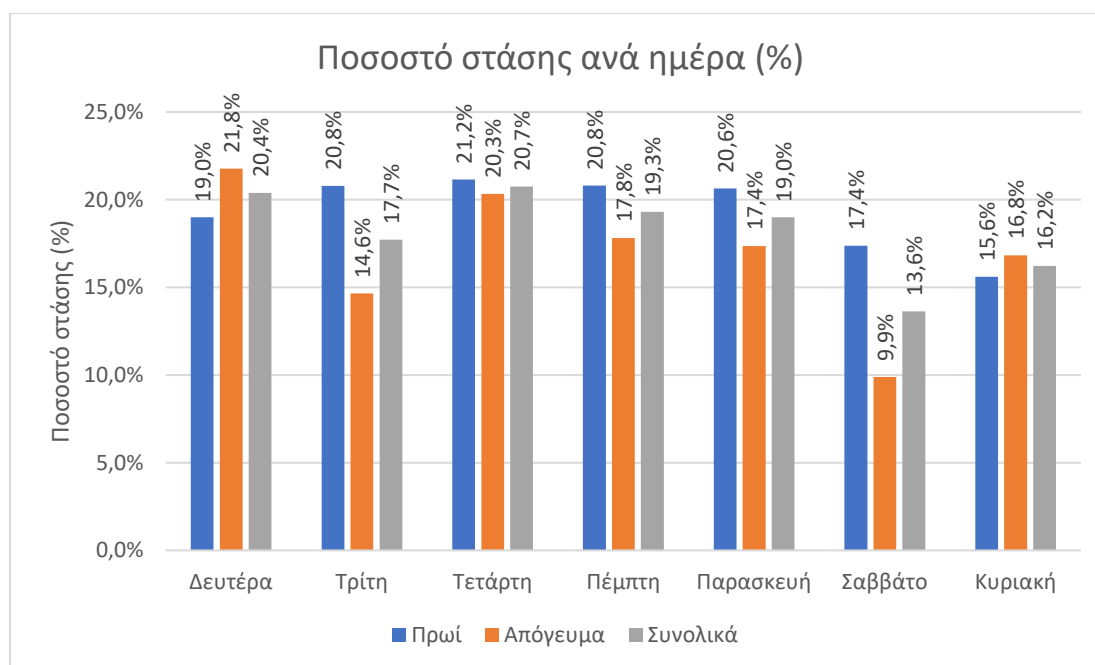
Και από στο γράφημα της μέσης επιβράδυνσης ανά ημέρα παρατηρούμε σημαντική διακύμανση. Μικρές τιμές επιβράδυνσης έχουμε και εδώ το απόγευμα του Σαββάτου και της Κυριακής. Η επιβράβευση παίρνει μεγάλες τιμές όταν ένα όχημα αναγκάζεται να σταματήσει για κάποιο λόγο και όσο μεγαλύτερη ταχύτητα έχει ανάπτυξη τόσο μεγαλύτερη είναι και η τιμή της επιβράδυνσης του. Επομένως η μέση επιβράδυνση επηρεάζεται από τον αριθμό των στάσεων που αναγκάζεται να κάνει το όχημα, αλλά και από την ταχύτητα με την οποία μπορεί να κινηθεί. Επειδή λοιπόν το απόγευμα του Σαββάτου και της Κυριακής λόγω της μεγάλης κυκλοφοριακής κίνησης που παρουσιάζει, τουλάχιστον ένα τμήμα της διαδρομής μας, δεν μπορούν να αναπτυχθούν μεγάλες ταχύτητες βλέπουμε και την επιβράβευση να παίρνει μικρές τιμές. Για να βγάλουμε πάντως ένα ασφαλές συμπέρασμα για τις επιταχύνσεις και τις επιβραδύνσεις, θα πρέπει να αυξήσουμε

σημαντικά τον αριθμό των μετρήσεων διότι λόγω το ότι η διαδρομή μας δεν περιέχει πολλά σημεία στάσης (φωτεινούς σηματοδότες και διαβάσεις πεζών), ένα έκτακτο γεγονός που αναγκάζει το αυτοκίνητο να ακινητοποιηθεί, μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τις μέσες τιμές επιτάχυνσης και επιβράδυνσης.

### 6.6. Μέσο ποσοστό στάσης

Ποσοστά στάσης ανά ημέρα (%)							
	Δευτέρα	Τρίτη	Τετάρτη	Πέμπτη	Παρασκευή	Σαββάτο	Κυριακή
Πρωί	19,0%	20,8%	21,2%	20,8%	20,6%	17,4%	15,6%
Απόγευμα	21,8%	14,6%	20,3%	17,8%	17,4%	9,9%	16,8%
Συνολικά	20,4%	17,7%	20,7%	19,3%	19,0%	13,6%	16,2%

Πίνακας 6.6 : Μέσο ποσοστό στάσης ανά ημέρα.



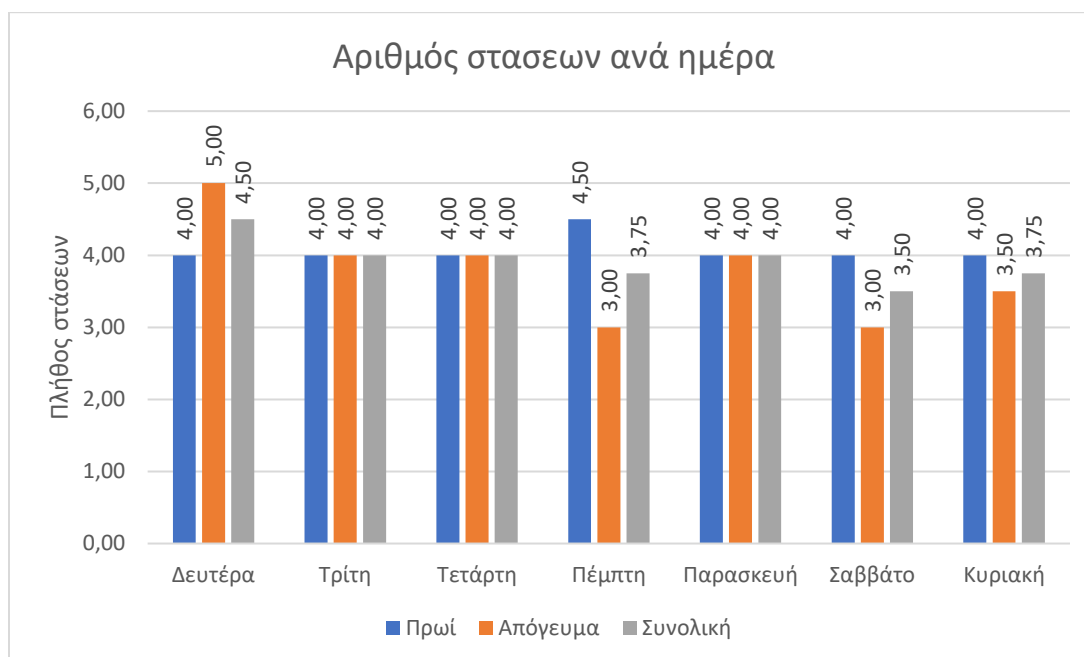
Γράφημα 6.5 : Μέσο ποσοστό στάσης ανά ημέρα.

Στο Γράφημα του μέσου ποσοστού στάσης επίσης διαπιστώνουμε μεγάλη διακύμανση και βλέπουμε μικρή τιμή το απόγευμα του Σαββάτου. Όταν ένα όχημα ξεκίνα να διανύσει μία διαδρομή δεν μπορεί να γνωρίζει σε πόσους κόκκινους σηματοδότες ή διαβάσεις πεζών θα αναγκαστεί να σταματήσει, αλλά ούτε και γνωρίζει για πόση ώρα θα αναγκαστεί να είναι σταματημένο. Δεν μπορούμε λοιπόν, κάτω από αυτές τις προϋποθέσεις να καταλήξουμε σε κάποιο γενικό συμπέρασμα λόγω και του μικρού πλήθους των μετρήσεων.

## 6.7. Μέσος αριθμός στάσεων

Αριθμός στάσεων ανά ημέρα							
	Δευτέρα	Τρίτη	Τετάρτη	Πέμπτη	Παρασκευή	Σαββάτο	Κυριακή
Πρωί	4,00	4,00	4,00	4,50	4,00	4,00	4,00
Απόγευμα	5,00	4,00	4,00	3,00	4,00	3,00	3,50
Συνολική	4,50	4,00	4,00	3,75	4,00	3,50	3,75

Πίνακας 6.7 : Μέσος αριθμός στάσεων ανά ημέρα.



Γράφημα 6.6 Μέσος αριθμός στάσεων ανά ημέρα.

Από το γράφημα του μέσου αριθμού στάσεων βλέπουμε ότι η επικρατούσα τιμή είναι 4 στάσεις ανά διαδρομή που δικαιολογείται και από τον αριθμό των φωτεινών σηματοδοτών και των κυκλικών διαδρομών που υπάρχουν σε αυτή. Η διακύμανση εδώ είναι μικρή επειδή η διαδρομή δεν βρίσκεται σε πυκνοκατοικημένη περιοχή και περιέχει τμήματα λεωφόρων που συνήθως η κυκλοφορία είναι ανεμπόδιστη μεταξύ δύο φωτεινών σηματοδοτών. Ο μικρός αριθμός των στάσεων το απόγευμα του Σαββάτου μπορεί να μας δικαιολογήσει το μικρό ποσοστό στάσης ως προς το συνολικό χρόνο, καθώς επίσης και τις μικρές τιμές επιτάχυνσης και επιβράδυνσης που παρατηρούμε το ίδιο απόγευμα. Ο ίδιος αριθμός στάσεων παρατηρείται το απόγευμα της Πέμπτης χωρίς ταυτόχρονα να επηρεάζεται τόσο πολύ το ποσοστό στάσης. Αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί εάν οι στάσεις είχαν μεγαλύτερη διάρκεια.

## 6.8. Κατασκευή του κύκλου

Η κατασκευή το κύκλο οδήγησης θα γίνει με την μέθοδο των micro trips, θεωρώντας ότι η διαδρομή μας είναι ένα microtrip λόγω της μικρής διάρκειας της και της διαφορετικής κατανομής των στάσεων σε κάθε διαδρομή. Εφόσον το κυριότερο προφίλ που μας ενδιαφέρει είναι το προφίλ της ταχύτητας του κύκλου, για να επιλέξουμε την αντιπροσωπευτικότερη διαδρομή πρέπει να συγκρίνουμε την μέση ταχύτητα και τη μέση ταχύτητα χωρίς στάσεις της κάθε διαδρομής, με τη μέση ταχύτητα και τη μέση ταχύτητα χωρίς στάσεις όλων των διαδρομών. Θα χρησιμοποιηθεί ο τύπος της ευκλείδειας απόστασης που θα περιλαμβάνει μόνο αυτά τα δύο μεγέθη.

$$d(v_i, v_\mu) = \sqrt{(v_{\mu si} - v_{\mu s\mu})^2 + (v_{\chi si} - v_{\chi s\mu})^2}$$

Όπου :

- $v_{\mu si}$  : η μέση ταχύτητα με στάσεις της κάθε διαδρομής
- $v_{\chi si}$  : η μέση ταχύτητα χωρίς στάση της κάθε διαδρομής

Η διαδρομή που θα μας δώσει τη μικρότερη ευκλείδεια απόσταση θα είναι η αντιπροσωπευτικότερη και αυτή που θα επιλεγεί για τον κύκλο οδήγησης. Ο υπολογισμός της ευκλείδειας απόστασης της ταχύτητας της κάθε διαδρομής από τη μέση ταχύτητα όλων των διαδρομών θα γίνει με τη βοήθεια του Excel.



	ΗΜΕΡΑ	ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΗΜΕΡΑΣ	ΜΕΣΗ ΩΡΙΑΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑ (km/h)	ΜΕΣΗ ΩΡΙΑΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΧΩΡΙΣ ΣΤΑΣΕΙΣ (km/h)	d(u <sub>i</sub> ,u <sub>i</sub> )
1	Δευτέρα	Πρωί	44,30	54,99	1,00
		Απόγευμα	41,90	54,51	3,44
2	Τρίτη	Πρωί	42,49	54,09	2,99
		Απόγευμα	47,03	57,45	2,89
3	Τετάρτη	Πρωί	43,04	55,31	2,25
		Απόγευμα	43,18	54,84	2,12
4	Πέμπτη	Πρωί	43,47	55,41	1,84
		Απόγευμα	44,54	54,61	0,91
5	Παρασκευή	Πρωί	42,72	55,57	2,60
		Απόγευμα	46,42	56,05	1,46
6	Σαββάτο	Πρωί	48,18	57,58	3,78
		Απόγευμα	53,8	58,13	9,02
7	Κυριακή	Πρωί	48,59	57,83	4,26
		Απόγευμα	44,39	53,78	1,63
8	Δευτέρα	Πρωί	45,25	55,55	0,41
		Απόγευμα	43,14	54,20	2,35
9	Τρίτη	Πρωί	42,86	49,61	6,04
		Απόγευμα	51,31	57,75	6,56
10	Τετάρτη	Πρωί	42,53	53,26	3,33
		Απόγευμα	44,30	54,97	1,00
11	Πέμπτη	Πρωί	42,81	53,55	2,94
		Απόγευμα	44,10	53,26	2,22
12	Παρασκευή	Πρωί	43,04	52,59	3,40
		Απόγευμα	43,28	52,48	3,33
13	Σαββάτο	Πρωί	48,65	59,64	5,62
		Απόγευμα	49,87	56,89	4,91
14	Κυριακή	Πρωί	48,65	57,38	4,04
		Απόγευμα	44,15	52,69	2,70
ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ			45,29	55,14	
ΜΙΚΡΟΤΕΡΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ					0,41

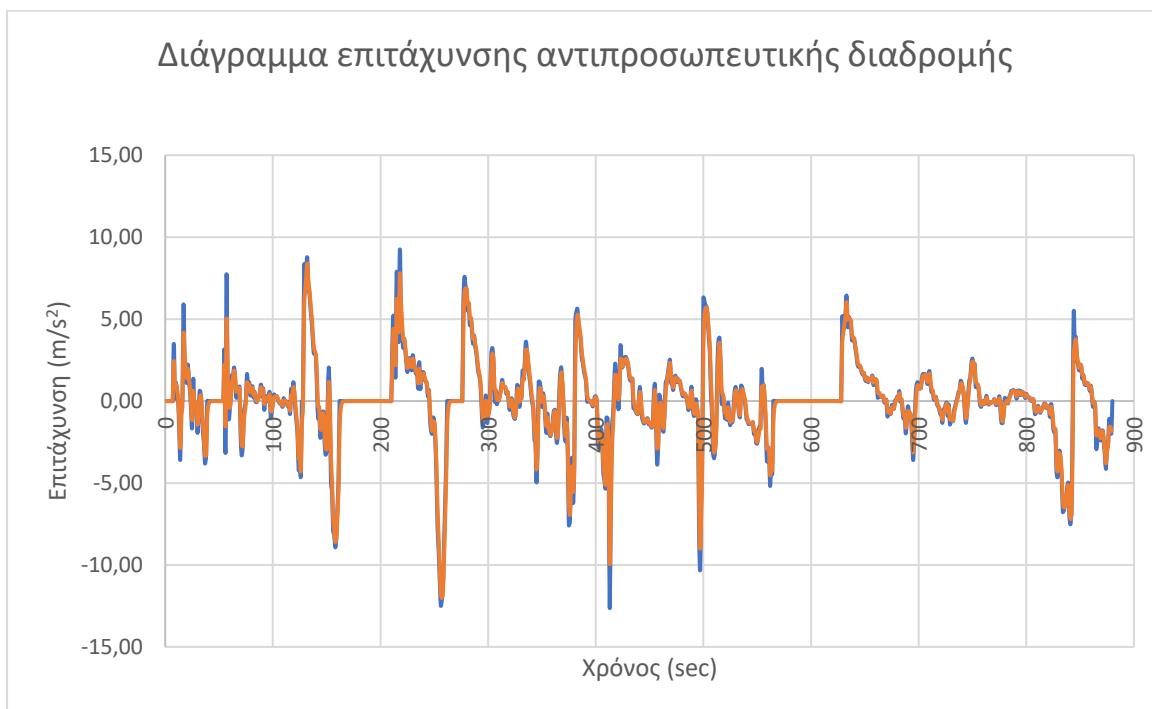
**Πίνακας 6.8 : Επιλογή αντιπροσωπευτικής διαδρομής.**

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι η διαδρομή που έχει μέση ταχύτητα με στάση και μέση ταχύτητα χωρίς στάση πιο κοντά στη μέση ταχύτητα με στάση και στη μέση ταχύτητα χωρίς στάση όλων των διαδρομών είναι αυτή της **όγδοης μέρας (Δευτέρα) το πρωί**. Επομένως ο κύκλος οδήγησης θα είναι το προφίλ της ταχύτητας αυτής της διαδρομής, δηλαδή η γραφική παράσταση της ταχύτητας συνάρτηση του χρόνου.



**Γράφημα 6.7 : Διάγραμμα ταχύτητας αντιπροσωπευτικής διαδρομής.**

Μπορούμε επίσης να σχεδιάσουμε με τη βοήθεια του Excel και το προφίλ επιτάχυνσης επιβράδυνσης για τη συγκεκριμένη διαδρομή.



**Γράφημα 6.8 : Διάγραμμα επιτάχυνσης αντιπροσωπευτικής διαδρομής**

Στα παραπάνω γραφήματα έχει γίνει εκθετική εξομάλυνση που παρουσιάζεται με πορτοκαλί γραμμή.

## 6.9. Αξιολόγηση του κύκλου οδήγησης

Προκειμένου να αξιολογήσουμε τον κύκλο οδήγηση που κατασκευάσαμε μπορούμε να ελέγξουμε και την ομοιότητα και των άλλων χαρακτηριστικών της διαδρομής μας, με τις μέσες τιμές όλων των διαδρομών χρησιμοποιώντας και πάλι την ευκλείδεια απόσταση. Εδώ θα συμπεριλάβουμε όλα τα χαρακτηριστικά μεγέθη της διαδρομής, δηλαδή τη διάρκεια της, τη μέση ταχύτητα, τη μέση ταχύτητα χωρίς στάση, τη μέση επιτάχυνση, τη μέση επιβράδυνση, το μέσο ποσοστό στάσης, και το μέσο αριθμό στάσεων. Θα εφαρμόσουμε τον παρακάτω τύπο ευκλείδειας απόστασης.

$$d(i, \mu) = \sqrt{(t_i - t_\mu)^2 + (v_{\mu si} - v_{\mu sm})^2 + (v_{\chi si} - v_{\chi sm})^2 + (\alpha_i - \alpha_\mu)^2 + (\varepsilon_i - \varepsilon_\mu)^2 + (\pi_{\sigma i} - \pi_{\sigma \mu})^2 + (n_{\sigma i} - n_{\sigma \mu})^2}$$

Όπου :

- $t_i$  : η διάρκεια της κάθε διαδρομής
- $v_{\mu si}$  : η μέση ταχύτητα με στάσεις της κάθε διαδρομής
- $v_{\chi si}$  : η μέση ταχύτητα χωρίς στάση της κάθε διαδρομής
- $\alpha_{\chi si}$  : η μέση επιτάχυνση της κάθε διαδρομής
- $\varepsilon_{\chi si}$  : η μέση επιβράδυνση της κάθε διαδρομής
- $\pi_{\sigma i}$  : το μέσο ποσοστό στάσης της κάθε διαδρομής
- $n_{\sigma i}$  : ο μέσος αριθμός στάσεων της κάθε διαδρομής

Και  $t_\mu, v_\mu, v_{\chi sm}, \alpha_\mu, \varepsilon_\mu, \pi_{\sigma \mu}, n_{\sigma \mu}$  είναι τα αντίστοιχα μέσα μεγέθη όλων των διαδρομών.

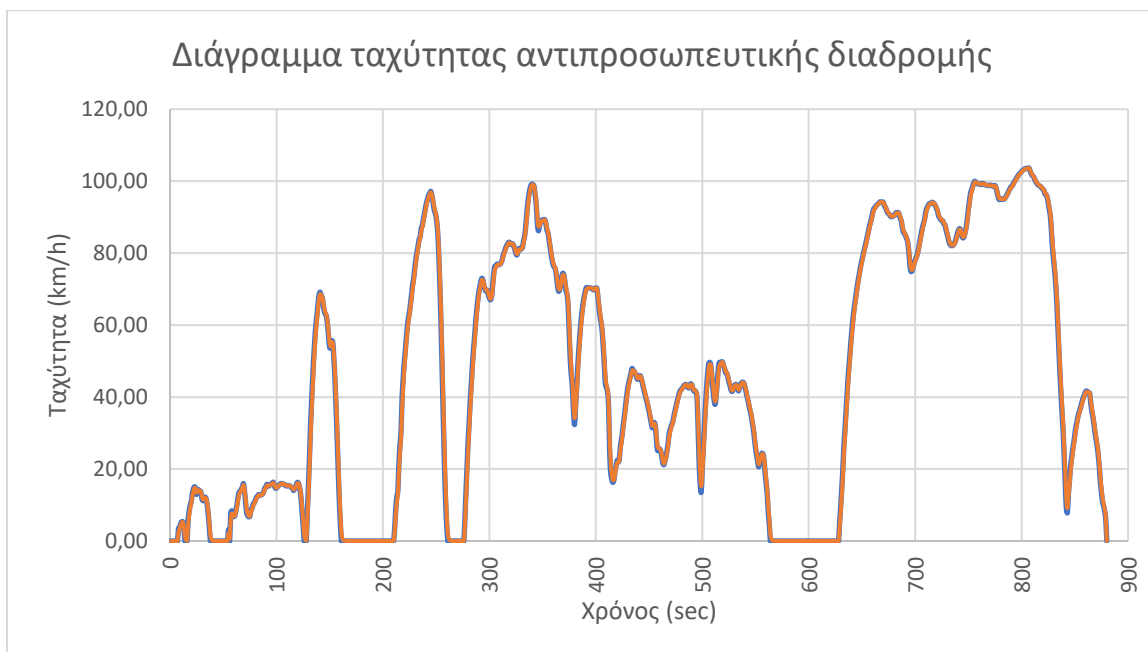
	ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΗΜΕΡΑΣ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ (sec)	ΜΕΣΗ ΩΡΙΑΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑ (km/h)	ΜΕΣΗ ΩΡΙΑΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΧΩΡΙΣ ΣΤΑΣΕΙΣ (km/h)	ΜΕΣΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ (m/s <sup>2</sup> )	ΜΕΣΗ ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΣΗ (m/s <sup>2</sup> )	ΠΟΣΟΣΤΟ ΧΡΟΝΟΥ ΣΕ ΣΤΑΣΗ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΑΣΕΩΝ	d(u <sub>i</sub> ,u <sub>μ</sub> )	d(i,μ)
1	Πρωί	894	44,30	54,99	1,95	-1,93	19,45%	4	1,00	17,89
	Απόγευμα	945	41,90	54,51	2,21	-2,27	23,12%	5	3,44	68,95
2	Πρωί	932	42,49	54,09	1,91	-1,98	21,45%	5	2,99	55,95
	Απόγευμα	842	47,03	57,45	1,72	-1,93	18,13%	4	2,89	34,27
3	Πρωί	920	43,04	55,31	1,87	-1,82	22,18%	4	2,25	43,91
	Απόγευμα	917	43,18	54,84	1,78	-1,79	21,25%	4	2,12	40,91
4	Πρωί	911	43,47	55,41	1,88	-1,74	21,55%	5	1,84	34,92
	Απόγευμα	889	44,54	54,61	1,48	-1,62	18,43%	3	0,91	12,93
5	Πρωί	927	42,72	55,57	1,79	-1,86	23,12%	4	2,60	50,92
	Απόγευμα	853	46,42	56,05	1,93	-1,97	17,17%	4	1,46	23,19
6	Πρωί	822	48,18	57,58	2,01	-1,91	16,33%	4	3,78	54,28
	Απόγευμα	724	53,8	58,13	0,49	-0,47	7,45%	3	9,02	152,42
7	Πρωί	815	48,59	57,83	1,95	-2,02	15,98%	4	4,26	61,29
	Απόγευμα	892	44,39	53,78	1,89	-1,92	17,45%	4	1,63	15,94
8	Πρωί	883	45,25	55,55	1,84	-1,98	18,55%	4	0,41	6,87
	Απόγευμα	918	43,14	54,20	1,96	-2,07	20,41%	5	2,35	41,94
9	Πρωί	924	42,86	49,61	0,79	-0,76	13,61%	3	6,04	48,27
	Απόγευμα	722	51,31	57,75	2,51	-2,62	11,16%	4	6,56	154,29
10	Πρωί	931	42,53	53,26	1,86	-1,91	20,14%	4	3,33	54,96
	Απόγευμα	894	44,30	54,97	2,11	-2,15	19,42%	4	1,00	17,89
11	Πρωί	925	42,81	53,55	2,01	-2,07	20,05%	4	2,94	48,95
	Απόγευμα	898	44,10	53,26	1,98	-2,05	17,21%	3	2,22	21,99
12	Πρωί	920	43,04	52,59	2,18	-2,23	18,15%	4	3,40	43,99
	Απόγευμα	915	43,28	52,48	1,93	-1,99	17,53%	4	3,33	39,00
13	Πρωί	814	48,65	59,64	1,84	-1,97	18,43%	4	5,62	62,40
	Απόγευμα	794	49,87	56,89	1,05	-1,45	12,34%	3	4,91	82,30
14	Πρωί	814	48,65	57,38	2,19	-2,32	15,21%	4	4,04	62,28
	Απόγευμα	897	44,15	52,69	0,87	-1,25	16,22%	3	2,70	21,08
<b>ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ</b>		<b>876</b>	<b>45,29</b>	<b>55,14</b>	<b>1,79</b>	<b>-1,86</b>	<b>17,91%</b>	<b>3,93</b>		
<b>ΜΙΚΡΟΤΕΡΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ</b>									<b>0,41</b>	<b>6,87</b>

**Γράφημα 6.9 : Έλεγχος ομοιότητας του κύκλου οδήγησης.**

Από τον υπολογισμό των συνολικών αποστάσεων από τις μέσες τιμές όλων των διαδρομών προκύπτει και πάλι ότι η διαδρομή που έχει την ελάχιστη απόσταση είναι η ίδια που έχουμε επιλέξει σαν αντιπροσωπευτική. Επομένως μπορούμε να πούμε ότι έχουμε κατασκευάσει έναν καλό κύκλο οδήγησης για τη διαδρομή αυτή, αφού και τα υπόλοιπα μεγέθη του κύκλου είναι κοντά στις μέσες τιμές των αντίστοιχων μεγεθών για όλες τις διαδρομές.

## 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο κύκλος οδήγησης που σχεδιάσαμε προέκυψε από ένα σχετικά μικρό αριθμό καταγραφών και μας έδωσε μία εικόνα για τον τρόπο οδήγησης των οδηγών, στην περιοχή Σαρωνίδος και Λαγονησίου της Αττικής. Οι οδηγοί στις περιοχές αυτές υποχρεούνται να διασχίζουν αστικούς δρόμους όπου επιτρέπονται μικρές ή πολύ μικρές ταχύτητες, που επιβάλλονται από τα επιτρεπτά όρια η από τις συνθήκες οδήγησης. Χρησιμοποιούν όμως υποχρεωτικά και λεωφόρους για την εξυπηρέτησή τους, στις οποίες μπορούν να αναπτύσσουν μεγαλύτερες ταχύτητες. Επίσης στην πορεία τους συναντούν φωτεινούς σηματοδότες, όχι όμως πολύ συχνά, και κυκλικούς κόμβους. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά παρατηρούμε ότι όντως αποτυπώνονται στον κύκλο οδήγησης που σχεδιάσαμε. Μπορούμε να πούμε λοιπόν ότι και διαισθητικά ο κύκλος αυτός μάλλον είναι αντιπροσωπευτικός του τρόπου οδήγησης στις αστικές και ημιαστικές περιοχές του νότιου παραλιακού μετώπου της Αττικής.



**Γράφημα 7.1 : Διάγραμμα ταχύτητας αντιπροσωπευτικής διαδρομής.**

Οι παρατηρήσεις που πρέπει να κάνουμε για την οδηγική συμπεριφορά στη συγκεκριμένη περιοχή είναι ότι ο οδηγός αναγκάζεται μερικές φορές να κινείται με πολύ μικρές ταχύτητες (κάτω από 20km/h) σε κάποιες αστικές περιοχές. Σε άλλες αστικές περιοχές μπορεί και κινείται στα όρια της επιτρεπόμενης ταχύτητας των 40-50 km/h. Οι λεωφόροι που υπάρχουν στη διαδρομή του επιτρέπουν να αναπτύσσει μεγάλες επιταχύνσεις και μεγάλες ταχύτητες που συνήθως όμως δεν κρατούν πολύ, λόγω φωτεινών σηματοδοτών κυκλικών κόμβων. Στο τελευταίο κομμάτι της διαδρομής η κίνηση στην παραλιακή

Λεωφόρο Αθηνών-Σουνίου επέτρεψε στον οδηγό να αναπτύξει μεγάλη ταχύτητα και να την διατηρήσει για μεγάλο χρονικό διάστημα. Σε αυτό το τμήμα ο οδηγός δεν συναντούσε φωτεινούς σηματοδότες, κυκλικούς κόμβους και διαβάσεις πεζών, οπότε ο οδηγός μείωνε ταχύτητα μόνο όσο απαιτούσαν οι στροφές.

Ο εμπλουτισμός των δεδομένων μας με περισσότερες καταγραφές από τη συγκεκριμένη διαδρομή ή ακόμη και ο σχεδιασμός ενός νέου κύκλου οδηγήσεις για μία άλλη διαδρομή θα μας οδηγήσει σίγουρα σε πιο ασφαλή συμπεράσματα, για την οδηγική συμπεριφορά των οδηγών σε τέτοιες περιοχές.

## Βιβλιογραφία

T.J. Barlow, S. Latham, I.S. McCrae, P.G. Boulter. *A reference book of driving cycles for use in the measurement of road vehicle emissions*. TRL Limited, 2009.

*engineering.mpt.magna.com*. χ.χ. <https://engineering.mpt.magna.com/> (πρόσβαση 1 25, 2023).

*el.wikipedia.org*. χ.χ. <https://el.wikipedia.org/wiki/WLTP> (πρόσβαση 1 24, 2023).

*op.europa.eu*. χ.χ. <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/air-quality-23-2018/el/> (πρόσβαση 1 23, 2023).

*toyota.gr*. χ.χ. <https://www.toyota.gr/new-cars/yaris> (πρόσβαση 3 18, 2023).

A. Gebisa 1 , G. Gebresenbet , R. Gopal , R. B. Nallamothe. «*mdi.com*.» 1 Νοέμβριος 2021. <https://www.mdpi.com/2673-7590/1/3/33/htm>.

«*dieselnet*.» *dieselnet.com*. χ.χ. <https://dieselnet.com/standards/cycles/index.php> (πρόσβαση 1 12, 2023).

Uditha Galgamuwa, Loshaka Perera, Saman Bandara. «Developing a General Methodology for.» *Journal of Transportation Technologies*, 2015.

«*wltpfacts*.» χ.χ. <https://www.wltpfacts.eu/> (πρόσβαση 2 20, 2023).

Ευρωπαϊκή Ένωση Κατασκευαστών Αυτοκινήτων (ACEA). *acea.auto*. χ.χ. <https://www.acea.auto/>.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή για την Ηλεκτροτεχνική Τυποποίηση (CENELEC). *cenelec.eu*. χ.χ. <https://www.cencenelec.eu/>.