



Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



**«Καταγραφή και Μελέτη των Χαρακτηριστικών Κίνησης Επιβατικού
Οχήματος σε κεντρικές αρτηρίες της Αττικής»**

«Vehicle driving patterns & traffic characteristics in the greater area »

of a Greek Central City'

Πτυχιακή Εργασία

Τσούρης Στυλιανός

TM 6309

***Επιβλέπων Καθηγητής:
Δρ. Ευάγγελος Γ. Τζιράκης***

Ηράκλειο Κρήτης, Ιούλιος 2020

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Ευάγγελο Τζιράκη, ο οποίος είχε την εργασία υπό την εποπτεία του, για την καθοδήγηση του, τις ουσιώδεις συμβολές του, την αμέριστη υποστήριξη του, τον χρόνο που αφιέρωσε καθόλη την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε στην ανάθεση αλλά και στην ανάπτυξη αυτής της ενδιαφέρουσας διπλωματικής εργασίας.

Επίσης θέλω να ευχαριστήσω όλους του καθηγητές που με συνόδευσαν όλα αυτά τα χρόνια, για την βοήθεια που πρόσφεραν απλόχερα, τις γνώσεις τους και τις εμπειρίες που μου μεταλαμπαδεύσανε καθώς τους γονείς, συμφοιτητές, φίλους, συναδέλφους και σε όσους με στήριξαν κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

Περίληψη

Οι εκπομπές ρύπων των οχημάτων καθημερινής χρήσης αποτελούν έναν από τους κυριότερους παράγοντες περιβαλλοντικής ρύπανσης. Για να καταστεί δυνατό να οριστεί και να ελεγχθεί ο αντίκτυπος της ανθρώπινης δραστηριότητας στο περιβάλλον, είναι απαραίτητο να καταγραφούν τα χαρακτηριστικά μεγέθη του φαινομένου. Ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία για την εκτίμηση των εκπεμπόμενων ρύπων από τα μηχανοκίνητα οχήματα, είναι οι Κύκλοι Οδήγησης.

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η διερεύνηση των πραγματικών συνθηκών κίνησης των οχημάτων, σε διαδρομές που περιλαμβάνουν στο μεγαλύτερο μέρος τους, τις κεντρικές λεωφόρους Κηφισίας και Μεσογείων, για τη δημιουργία ενός αντιπροσωπευτικού προφίλ κίνησης (Κύκλος Οδήγησης). Η μελέτη θα φανερώσει, αφενός τις διαφορές στη μετάβαση από ένα σημείο σε ένα άλλο μέσω διαφορετικών διαδρομών στην πόλη των Αθηνών και αφετέρου τις διαφορές από παρόμοιες μελέτες σε άλλες πόλεις. Η καταγραφές των οδηγικών χαρακτηριστικών γίνονται χρησιμοποιώντας σύγχρονες μεθόδους και αξιοποιώντας τα δεδομένα της ηλεκτρονικής διαχείρισης των επιβατικών οχημάτων. Συνεπώς, η εργασία αναπτύσσεται σε δύο βασικά σκέλη, το θεωρητικό και το πειραματικό.

Στο θεωρητικό σκέλος της εργασίας, γίνεται περιγραφή του περιβαλλοντικού προβλήματος, δηλαδή η ατμοσφαιρική ρύπανση που προκύπτει από την κίνηση των οχημάτων. Αναλυτικότερα, γίνεται μια περιγραφή των ρύπων, αφού πρώτα ταξινομηθούν ανάλογα με την προέλευση τους. Στην συνέχεια πραγματοποιείται μία ανασκόπηση των περιορισμών των εκπεμπόμενων ρύπων που ισχύουν σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα (EURO), καθώς και προτύπων άλλων ηπείρων, που προορίζονται για τα επιβατικά οχήματα. Εν συνεχεία, γίνεται αναλυτική περιγραφή των κύκλων οδήγησης. Ο κύκλος οδήγησης, ως ένα χρήσιμο και κρίσιμο εργαλείο για τον έλεγχο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, εξετάζεται μέσω μιας βιβλιογραφικής έρευνας, όσον αφορά την πορεία εξέλιξης του με παραδείγματα ανά τον κόσμο.

Στο πειραματικό σκέλος, αναλύονται όλα τα βήματα που ακολουθούνται κατά την λήψη και καταγραφή πραγματικών δεδομένων οδήγησης. Η καταγραφή πραγματοποιείται σε κεντρικές αρτηρίες στην πόλη των Αθηνών, με ένα επιβατικό όχημα συμβατών προδιαγραφών. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με την βοήθεια μια συσκευής διαγνωστικών βλαβών (OBD II) συνδυαστικά με μια εφαρμογή android. Έπειτα, καταγράφεται η διαδικασία επεξεργασίας δεδομένων με την βοήθεια λογισμικού σύγχρονης τεχνολογίας, για την εκπόνηση ενός αντιπροσωπευτικού προφίλ ταχύτητας. Τέλος παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν με τη βοήθεια διαγραμμάτων καθώς και η σύγκριση με παλαιότερα αποτελέσματα καταγραφής από την ίδια πόλη με σκοπό την αξιολόγηση του αντιπροσωπευτικού προφίλ ταχύτητας.

Abstract

Pollutant emissions from everyday vehicles are one of the main causes of environmental pollution. In order to be able to define and control the impact of human activity on the environment, it is necessary to record the characteristic magnitudes of the phenomenon. One of the most important tools for estimating emissions from motor vehicles is Driving Cycles.

The main purpose of the present thesis is to investigate the real traffic conditions in Athens and to create a representative driving profile (Driving Cycle). Additionally, there is attempted a comparison with similar studies. Therefore, this study is developed in two parts, the theoretical and the experimental part.

In the theoretical part, the environmental problem is presented. In more detail, a description of the pollutants is made, after they are first classified according to their origin. Secondly, follows a review of emissions restrictions for passenger vehicles, in accordance with European standards (EURO) and standards from other continents. Then, a detailed description of the driving cycles is made. The driving cycle is examined through a literature survey, as a useful and critical tool for controlling air pollution.

In the experimental part, are presented the steps that are followed for data collection and analysis. The data collection is made in central arteries of Athens (Mesogion and Kifissias) with a compatible passenger vehicle. The measurements were made with a diagnostic device (OBD II) in combination with an android application. The data processing was made with suitable software, in order to be created a representative speed profile.

The results of this research are presented with diagrams. Subsequently, a comparison with previous results is attempted in order to evaluate the representative speed profile.

Πίνακας Περιεχομένων

Ευχαριστίες.....	3
Περίληψη.....	5
Abstract	6
Πίνακας Περιεχομένων	7
Ευρετήριο Εικόνων.....	11
Ευρετήριο Πινάκων	12
Ευρετήριο Διαγραμμάτων.....	13
1. Εισαγωγή.....	14
1.1 Βασικότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι: περιγραφή, πηγές και επιδράσεις, (ΤΜΗΜΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ 2019).....	17
I. Όζον.....	17
Πηγές στο περιβάλλον	17
Επιδράσεις.....	17
II. Μονοξείδιο του άνθρακα.....	17
Πηγές στο περιβάλλον	17
Επιδράσεις.....	17
III. Διοξείδιο του αζώτου	18
Πηγές στο περιβάλλον	18
Επιδράσεις.....	18
IV. Αιωρούμενα Σωματίδια(ΑΣ)- Particulate Matter(PM)	18
Πηγές στο περιβάλλον	18
Επιδράσεις.....	18
V. Διοξείδιο του θείου	19
Πηγές στο περιβάλλον	19
Επιδράσεις.....	19
VI. Μόλυβδος, Αρσενικό, Κάδμιο και Νικέλιο.....	19
Πηγές στο περιβάλλον	19
Επιδράσεις.....	19
VII. Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες (ΠΑΥ)	20
Πηγές στο περιβάλλον	20
Επιδράσεις.....	20
VIII. Βενζόλιο.....	20
Πηγές στο περιβάλλον	20
Επιδράσεις.....	20
Αέρια του θερμοκηπίου	20

1.2	Εκπομπές ρύπων από οχήματα και επιβάρυνση του αστικού περιβάλλοντος	22
1.2.1	Εκπομπές από βενζινοκινητήρες.....	22
1.2.2	Εκπομπές από πετρελαιοκινητήρες	23
2.	Ανασκόπηση των περιορισμών εκπομπών των επιβατικών οχημάτων	24
2.1	Τα πρότυπα EURO	25
2.2	Προδιαγραφές σε ισχύ	27
2.3	Εκπομπές CO ₂	34
3.	Κύκλοι Οδήγησης	35
3.1	Επιλογή διαδρομής	35
3.2	Συλλογή Δεδομένων.....	36
3.2.1	Μέθοδος Chase Car	36
3.2.2	Μέθοδος μέτρησης On Board	36
3.3	Κατασκευή του κύκλου οδήγησης	37
3.3.1	Μέθοδος Micro-trip	37
3.3.2	Τμηματική μέθοδος κατασκευής κύκλου οδήγησης -Segment based cycle construction.....	38
3.3.3	Pattern Classification.....	38
3.3.4	Μέθοδος κατασκευής Modal	38
3.4	Αξιολόγηση κύκλου οδήγησης.....	39
3.5	Δυναμομετρική εξέδρα πλαισίου (chassis dynamometer).....	40
3.6	Ισχύουσες Διαδικασίες Μέτρησης έγκρισης τύπου WLTP, RDE (προδιαγραφές διαδρομών)	41
3.6.1	WLTP (Worldwide Harmonized Vehicle Test Procedure)-Παγκοσμίως Εναρμονισμένη Διαδικασία Δοκιμής Ελαφρών Οχημάτων	41
3.6.2	Real Driving Emissions – RDE.....	43
4.	Διερεύνηση και ανάλυση των θεσμοθετημένων Κύκλων Οδήγησης.....	45
4.1	ΕΥΡΩΠΗ	45
	NEDC.....	45
	Ο Αστικός κύκλος οδήγησης (ECE-15 ή UDC_Urban driving Cycle)	46
	Κύκλος οδήγησης εκτός πόλης_ Extra-Urban Driving Cycle EUDC	47
4.2	ΙΑΠΩΝΙΑ.....	47
4.2.1	Ιαπωνικός κύκλος 10 mode	47
4.2.2	Ιαπωνικός κύκλος 10-15 mode.....	48
4.2.3	Ιαπωνικός κύκλος JC08.....	49
4.3	ΑΜΕΡΙΚΗ.....	49
4.3.1	Κύκλος οδήγησης FTP-72	49
4.3.2	Κύκλος οδήγησης FTP-75	50

4.3.3	Κύκλος οδήγησης SFTP -US06	51
4.3.4	Κύκλος οδήγησης SFTP-SC03.....	51
4.3.5	Κύκλος οδήγησης EPA New York City Cycle (NYCC)	52
4.3.6	Κύκλος οδήγησης EPA Highway Fuel Economy Test Cycle (HWFET).....	52
4.3.7	Κύκλος οδήγησης California Unified Cycle (UC).....	53
4.3.8	Κύκλος οδήγησης Inspection & Maintenance Driving Cycle IM240	54
4.3.9	Κύκλος οδήγησης Standard Road Cycle (SRC) και Standard Bench Cycle (SBC) 54	
4.4	ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ.....	56
4.4.1	Κύκλος CUEDC	56
4.4.2	Petrol CUEDC & SPC 240.....	57
4.5	ΚΙΝΑ.....	58
4.6	ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΙ ΚΥΚΛΟΙ	59
	WLTC.....	59
	Κύκλος Κλάσης 3	59
	Κύκλος Κλάσης 2	60
	Κύκλος Κλάσης 1	61
	Οι κύκλοι WLTC για Υβριδικά ή Ηλεκτρικά οχήματα	62
5	Βιβλιογραφική έρευνα για τους Κύκλους Οδήγησης που έχουν εκπονηθεί από ερευνητές ανά τον κόσμο	64
	Κύκλος οδήγησης στην Μπανγκόκ της Ταϊλάνδης	64
	Κύκλος οδήγησης στην Μπακούμπα του Ιράκ.....	64
	Κύκλοι οδήγησης στο Χονγκ Κονγκ	65
	Κύκλος οδήγησης στην Πούνε της Ινδίας.....	65
	Κύκλος οδήγησης για το Ανόι (Βιετνάμ)	66
	Κύκλος οδήγησης του Εδιμβούργου(Σκωτία)	66
	Κύκλος οδήγησης Αθήνας (Ελλάδα).....	66
6	Καταγραφή κεντρικών οδών σε ώρες αιχμής	68
7	Αναλυτική μέθοδος καταγραφής δεδομένων κίνησης οχημάτων με την χρήση σύγχρονης τεχνολογίας.....	70
	7.1 Όχημα καταγραφής.....	70
	7.2 Συσκευή καταγραφής OBD II.....	71
	7.3 Εφαρμογή καταγραφής Torque	73
8	Ανάλυση δεδομένων με σκοπό την καταγραφή της κατάστασης της κίνησης	76
	8.1 Εξομάλυνση Ταχύτητας.....	76
	8.2 Μέση Ταχύτητα	80
	8.3 Επιτάχυνση-Επιβράδυνση.....	81

8.4	Ποσοστά και Αριθμός Στάσεων.....	83
9	Αποτελέσματα.....	86
9.1	Σύγκριση με παλαιότερα καταγραφέντα δεδομένα.....	87
10	Συμπεράσματα-Προτάσεις.....	89
	<i>Βιβλιογραφία.....</i>	<i>90</i>

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1.1: Ποσοστά συμμετοχής των αερίων του θερμοκηπίου επί των συνολικών εκπεμπόμενων αερίων. ΠΗΓΗ: https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases	21
Εικόνα 1.2: Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα.....	22
Εικόνα 1.3: Ρύποι που εκλύονται από τις εξατμίσεις οχημάτων.....	24
Εικόνα 2.1: Στόλος ανά κατηγορία Euro, Ελλάδα 2017.....	34
Εικόνα 3.1: τι αλλάζει με το WLTP.....	42
Εικόνα 4.1: Οκύκλος οδήγησης NEDC.....	46
Εικόνα 4.2: Κύκλος οδήγησης 10 mode.....	48
Εικόνα 4.3: Κύκλος οδήγησης 10-15 mode.....	48
Εικόνα 4.4: Κύκλος οδήγησης JC08.....	49
Εικόνα 4.5: Κύκλος Οδήγησης FTP-72.....	50
Εικόνα 4.6: Κύκλος Οδήγησης FTP-75.....	51
Εικόνα 4.7: Κύκλος οδήγησης SFTP -US06.....	51
Εικόνα 4.8: Κύκλος οδήγησης SFTP-SC03.....	52
Εικόνα 4.9 : Κύκλος EPA New York City Circle (NYCC).....	52
Εικόνα 4.10: Κύκλος HWFET.....	53
Εικόνα 4.11: Κύκλος California Cycle UC.....	54
Εικόνα 4.12: Κύκλος οδήγησης Επιθεώρησης και Συντήρησης IM240.....	54
Εικόνα 4.13: Πρότυπος Κύκλος οδήγησης Δρόμου SRS.....	55
Εικόνα 4.14: Πρότυπος Κύκλος Πλατφόρμας SBC.....	56
Εικόνα 4.15: Κύκλος Οδήγησης για ελαφρά βενζινοκίνητα οχήματα CUEDC.....	57
Εικόνα 4.16: Κύκλος Petrol CUEDC.....	57
Εικόνα 4.17: Ο κύκλος SPC 240.....	58
Εικόνα 4.18: Κύκλος οδήγησης για την Κλάση 3.....	60
Εικόνα 4.19: Κύκλος οδήγησης για την Κλάση 2.....	61
Εικόνα 4.20: Κύκλος οδήγησης για την Κλάση 1.....	62
Εικόνα 5.1: Σύγκριση κύκλου Πούνε με IDC και ευρωπαϊκό κύκλο.....	65
Εικόνα 5.2: Διάγραμμα ροής της διαδικασίας που υιοθετήθηκε για την ανάπτυξη του ADC και τη μέτρηση των εκπομπών(Tzirakis, etal. 2006).....	66
Εικόνα 6.1: Διαδρομή 1, Το πρωινό δρομολόγιο του πειράματος μέσω GoogleMaps.....	69
Εικόνα 6.2: Διαδρομή 2, το μεσημεριανό δρομολόγιο του πειράματος μέσω GoogleMaps.....	69
Εικόνα 7.1: Toyota Corolla Hatchback.....	71
Εικόνα 7.2: Η συσκευή καταγραφής OBDII.....	72
Εικόνα 7.3: Πρωτότυπη μορφή αρχείου Excel καταγραφής δεδομένων.....	74
Εικόνα 7.4: Επεξεργασμένη μορφή αρχείου Excel καταγραφής δεδομένων σε μορφή πίνακα.....	75
Εικόνα 7.5: Κωδικός Σφάλματος.....	75
Εικόνα 8.1: Διάγραμμα Ταχύτητας-Εξομάλυνσης Ταχύτητας.....	77
Εικόνα 8.2: Παράδειγμα τελικών τιμών ταχύτητας και εξομάλυνσης.....	78
Εικόνα 8.3: Δείγμα από τα δεδομένα του υπολογισμού της επιτάχυνσης και της επιβράδυνσης καθώς και ο διαχωρισμός τους.....	81

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1-1: Τα επιλεγμένα πρότυπα της ΕΕ και οι οδηγίες του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (ΠΟΥ).....	15
Πίνακας 1-2: Σύγκριση μέσων ετήσιων τιμών NO ₂ σε μg/m ³ ανά έτος με τις αντίστοιχες οριακές τιμές.....	16
Πίνακας 1-3:Αριθμός ημερών με υπέρβαση του στόχου προστασίας της υγείας.....	16
Πίνακας 2-1: Οδηγίες της ΕΕ για τα όρια ρύπανσης επιβατικών αυτοκινήτων.....	25
Πίνακας 2-2: Επιτρεπόμενα όρια ρύπων για βενζινοκινητήρες σύμφωνα με τα πρότυπα Euro.....	27
Πίνακας 2-3: Επιτρεπόμενα όρια ρύπων για πετρελαιοκινητήρες σύμφωνα με τα πρότυπα Euro.....	27
Πίνακας 2-4: Αντιστοιχίες κανονισμών- κατηγορία Euro που ισχύουν μέχρι σήμερα.....	28
Πίνακας 2-5: Όρια εκπομπών Euro 5.....	30
Πίνακας 2-6: Όρια εκπομπών Euro6.....	31
Πίνακας 2-7: Όρια εκπομπών για τις εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα και υδρογονανθράκων από τον αγωγό εξαγωγής ύστερα από δοκιμή εκκίνησης ψυχρού κινητήρα.....	32
Πίνακας 3-1: Ευρέως χρησιμοποιούμενες παράμετροι που σχετίζονται με την κυκλοφορία για την αξιολόγηση ενός κύκλου οδήγησης.....	39
Πίνακας 3-2: ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΤΩΝ ΔΥΟ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ NEDC VS WLTP ..	42
Πίνακας 4-1: Κύκλοι οδήγησης WLTC.....	59
Πίνακας 4-2: Επιλεγμένες παράμετροι της Κλάσης 3.....	60
Πίνακας 4-3: Επιλεγμένες παράμετροι της Κλάσης 2.....	60
Πίνακας 4-4: Επιλεγμένες παράμετροι της Κλάσης 2.....	61
Πίνακας 4-5: Δοκιμές WLTCγια Υβριδικά και Ηλεκτρικά οχήματα.....	63
Πίνακας 7-1: Χαρακτηριστικά του οχήματος καταγραφής.....	70
Πίνακας 8-1: Συγκεντρωτικός Πίνακας Μέσων Όρων, Ποσοστό Στάσης και Αριθμός Στάσεων.....	79
Πίνακας 8-2: Τιμές Μέσων Όρων Ταχύτητας.....	80
Πίνακας 8-3: Μέσος όρος ταχύτητας χωρίς στάσεις.....	80
Πίνακας 8-4: Δεδομένα μέσης επιτάχυνσης σε m/s ²	82
Πίνακας 8-5: Δεδομένα Μέσης Επιβράδυνσης(m/s ²).....	82
Πίνακας 8-6: Δεδομένα Ποσοστού στάσεων.....	83
Πίνακας 8-7: Συγκεντρωτικός πίνακας των δεδομένων των διαγραμμάτων του αριθμού στάσεων.....	84
Πίνακας 9-1: Σύγκριση μέσων τιμών μετρήσεων με την αντιπροσωπευτική διαδρομή.....	86
Πίνακας 10-1: Τυπικές παράμετροι του ADCκαι των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας.....	87

Ευρετήριο Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 8.1: Μέσοι όροι ταχύτητας	80
Διάγραμμα 8.2: Μέση ταχύτητα χωρίς στάσεις.....	81
Διάγραμμα 8.3: Διάγραμμα Μέσης Επιτάχυνσης(m/s^2)	82
Διάγραμμα 8.4: Διάγραμμα Μέσης Επιβράδυνσης(m/s^2)	83
Διάγραμμα 8.5: Διάγραμμα Εβδομαδιαίου Ποσοστού Στάσης.....	84
Διάγραμμα 8.6: Διάγραμμα Μέσου Όρου Στάσεων ανά Ημέρα	85
Διάγραμμα 8.7: Ποσοστό Κίνησης -Στάσης (%)	85
Διάγραμμα 9.1: <i>Αντιπροσωπευτικό Προφίλ Ταχύτητας</i>	86
Διάγραμμα 9.2: Σύγκριση Αντιπροσωπευτικής Διαδρομής.....	87
Διάγραμμα 9.3: Σύγκριση αντιπροσωπευτικής διαδρομής του πειράματος με τον ADC	88

Μέρος Α: Θεωρητικό Υπόβαθρο

1. Εισαγωγή

Ως ρύπανση ορίζεται η επιβάρυνση του περιβάλλοντος με κάθε παράγοντα (ρύπο) που έχει βλαπτικές επιδράσεις στους οργανισμούς και στην φύση. Οι μορφές ρύπανσης εξαρτώνται από το τμήμα του περιβάλλοντος που επηρεάζεται και από τη μορφή των ρύπων. Οι μορφές ρύπανσης είναι οι εξής:

- Θαλάσσια ρύπανση
- Ατμοσφαιρική ρύπανση
- Ρύπανση του εδάφους
- Ρύπανση των υδάτων και
- Ηχορύπανση

Στην παρούσα εργασία εξετάζονται παράγοντες που επιδρούν στην ατμοσφαιρική ρύπανση και πιο συγκεκριμένα, που οφείλονται στις εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων λόγω της κίνησης των οχημάτων στους δρόμους. Η ατμοσφαιρική ρύπανση δεν είναι τοπικό φαινόμενο μιας χώρας, καθώς οι ρύποι μπορούν να μεταφερθούν μέσω της ατμόσφαιρας και να επιβαρύνουν μίαν άλλη περιοχή. Έτσι η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι θέμα όλου του βόρειου ημισφαιρίου και όλου του πλανήτη κατ' επέκταση.

Τα αιωρούμενα σωματίδια, το διοξείδιο του αζώτου και το τροποσφαιρικό όζον αναγνωρίζονται πλέον κατά κανόνα ως οι τρεις σημαντικότεροι ρύποι από την άποψη των επιπτώσεων για την υγεία. Η μακροχρόνια και οξεία έκθεση σε αυτούς τους ρύπους ενδέχεται να προκαλέσει επιπτώσεις κυμαινόμενης βαρύτητας για την υγεία, από προσβολή του αναπνευστικού συστήματος έως πρόωρο θάνατο. Περίπου 90% του ευρωπαϊκού αστικού πληθυσμού εκτίθεται σε συγκεντρώσεις ρύπων που υπερβαίνουν τα όρια ποιότητας του αέρα τα οποία κρίνονται επιβλαβή για την ανθρώπινη υγεία (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος 2017).

Εκτός από τις αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, η ατμοσφαιρική ρύπανση, καταστρέφει και το περιβάλλον. Μερικές τέτοιες επιπτώσεις είναι:

- Η οξίνιση, σε περιοχές με ευαίσθητα οικοσυστήματα που έχουν υποστεί όξινες εναποθέσεις πλεονάζοντος θείου και αζωτούχων ενώσεων.
- Ο ευτροφισμός, ένα περιβαλλοντικό πρόβλημα που οφείλεται στην απόρριψη πλεονάζοντων θρεπτικών στοιχείων στα οικοσυστήματα, κυρίως ατμοσφαιρικού αζώτου.
- Οι ζημιές σε καλλιέργειες που προκαλούνται από έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος.

Οι πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης μπορεί να είναι φυσικές ή ανθρωπογενείς (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος 2017):

- καύση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, οι μεταφορές, η βιομηχανία και τα νοικοκυριά,
- βιομηχανικές διεργασίες και χρήση διαλυτών, για παράδειγμα σε βιομηχανίες χημικών και ορυκτών,

- γεωργία,
- διαχείριση αποβλήτων, και
- ηφαιστειογενείς εκρήξεις, κονιορτός, εκ νέφωση θαλάσσιου άλατος και εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων από εργοστάσια είναι παραδείγματα φυσικών πηγών εκπομπών.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) δρα σε πολλά επίπεδα για τη μείωση της έκθεσης σε ατμοσφαιρική ρύπανση μέσω της νομοθεσίας, της συνεργασίας σε τομείς που ευθύνονται για την ατμοσφαιρική ρύπανση επίσης με διεθνείς, εθνικές, περιφερειακές αρχές και μη κυβερνητικούς οργανισμούς, καθώς και μέσω της έρευνας. Οι πολιτικές της ΕΕ αποσκοπούν στη μείωση της έκθεσης σε ατμοσφαιρική ρύπανση με μείωση των εκπομπών και καθορισμό ορίων και στοχοθετημένων τιμών για την ποιότητα του αέρα. Στον Πίνακα 1-1 συνοψίζονται οι τιμές συγκεκριμένων ρύπων που έχει καθορίσει η ΕΕ και ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ/WHO). Στόχος είναι οι Αρχές κάθε χώρας να εξασφαλίζουν ότι η ρύπανση θα κυμαίνεται κάτω από αυτά τα επίπεδα. Παρατηρείται από τον Πίνακα 1-1 ότι ο ΠΟΥ έχει ορίσει αυστηρότερα όρια για την διασφάλιση της ανθρώπινης υγείας από αυτά που επιβάλλει η ΕΕ.

Πίνακας 1-1: Τα επιλεγμένα πρότυπα της ΕΕ και οι οδηγίες του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (ΠΟΥ).

EU Air Quality Directive				WHO Guidelines	
Pollutant	Averaging Period	Objective and legal nature and concentration	Comments	Concentration	Comments
PM _{2.5}	Hourly			25 µg/m ³	99th percentile (3 days/year)
PM _{2.5}	Annual	Limit value, 25 µg/m ³		10 µg/m ³	
PM ₁₀	Hourly	Limit value, 50 µg/m ³	Not to be exceeded on more than 35 days per year	50 µg/m ³	99th percentile (3 days/year)
PM ₁₀	Annual	Limit value, 40 µg/m ³		20 µg/m ³	
O ₃	Maximum daily 8-hour mean	Target value, 120 µg/m ³	Not to be exceeded on more than 25 days per year, averaged over three years	100 µg/m ³	
NO ₂	Hourly	Limit value, 200 µg/m ³	Not to be exceeded on more than 18 times a calendar year	200 µg/m ³	
NO ₂	Annual	Limit value, 40 µg/m ³		40 µg/m ³	

ΠΗΓΗ: <https://www.eea.europa.eu/themes/air/country-fact-sheets/2019-country-fact-sheets/greece>

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) χαρακτηρίζει την ατμοσφαιρική ρύπανση τον σοβαρότερο περιβαλλοντικό κίνδυνο για την υγεία στην Ευρώπη (ΠΟΥ 2016). Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (ΕΟΠ) εκτιμά ότι περισσότεροι από 1000 πρόωροι θανάτους ημερησίως οφείλονται στην ατμοσφαιρική ρύπανση, σημαντική πηγή της οποίας αποτελούν οι οδικές μεταφορές. Το 2015, η ατμοσφαιρική ρύπανση ήταν υπεύθυνη για το 39 % των εκπομπών οξειδίων του αζώτου (NO_x) και για το 11 % των εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀ και PM_{2.5}) (ΕΟΠ 2018). Πρόσφατα, το Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το ζήτημα της ποιότητας του αέρα πρέπει να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικότερα στην ΕΕ (Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο 2018).

Από τα δεδομένα της Ευρωπαϊκής Περιβαλλοντικής Υπηρεσίας προκύπτει ότι η Ελλάδα είναι επιβαρυνόμενη σε εκπομπές NO₂, O₃ και PM₁₀ στα μεγάλα αστικά κέντρα. Η ετήσια έκθεση ποιότητας της ατμόσφαιρας για το έτος 2018 (ΤΜΗΜΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ 2019) δείχνει τα εξής αποτελέσματα:

I. Για το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), παρουσιάζεται γενικά τάση μείωσης των τιμών. Για το ρύπο αυτό το 2018, δεν υπήρξε υπέρβαση της οριακής τιμής.

II. Για το διοξείδιο του θείου(**CO₂**), υπάρχει σημαντική τάση μείωσης των τιμών που συνδέεται με τις μειώσεις της περιεκτικότητας του θείου τόσο στο πετρέλαιο κίνησης και θέρμανσης όσο και στην αμόλυβδη βενζίνη. Δεν παρατηρήθηκαν υπερβάσεις της οριακής τιμής 350μg/m³(μέση ωριαία τιμή), ούτε και της μέσης ημερήσιας τιμής 125μg/m³, σε κανένα σταθμό μέτρησης.

III. Για το βενζόλιο (**C₆H₆**), μέχρι το 2014 παρατηρείται τάση μείωσης των συγκεντρώσεων σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια, ενώ το 2015 παρατηρήθηκε αύξηση της τιμής συγκέντρωσης και στη συνέχεια τάση σταθεροποίησης. Υπήρξε υπέρβαση της ετήσιας οριακής τιμής (5μg/m³) σε μία θέση μέτρησης (ΠΑΤΗΣΙΩΝ)όπου καταγράφηκε μέση ετήσια τιμή 5,9μg/m³.

IV. Για το μονοξείδιο του αζώτου (**NO**), υπάρχει τάση μικρής μείωσης των τιμών.

V. Για το διοξείδιο του αζώτου (**NO₂**), υπάρχει τάση μείωσης ή σταθεροποίησης των τιμών τα τελευταία χρόνια, ανάλογα με τη θέση μέτρησης. Ωστόσο σε κανένα σταθμό μέτρησης δεν σημειώθηκε υπέρβαση της οριακής τιμής 200μg/m³για πάνω από 18 ώρες τον χρόνο. Στον Πίνακα 1-2γίνεται σύγκριση μέσων ετήσιων τιμών NO₂ σε μg/m³ανά έτος με τις αντίστοιχες οριακές τιμές. Οι υπερβάσεις της οριακής τιμής σημειώνονται με κόκκινο.

Πίνακας 1-2: Σύγκριση μέσων ετήσιων τιμών NO₂ σε μg/m³ανά έτος με τις αντίστοιχες οριακές τιμές.

ΣΤΑΘΜΟΙ	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	86	100	92	91	83	73	64	52	53	67	70	78	71
ΑΘΗΝΑΣ	61	67	63	66	44	57	51	43	41	41	32	33	44
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ	68	65	49	41	48	33	54	50	52	52	47	54	48
ΠΕΙΡΑΙΑΣ1	66	72	60	71	46	44	41	36	33	52	64	62	63
ΓΕΩΠΟΝΙΚΗ	45	43	46	46	44	34	35	37	39	34	28	31	28
ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	41	41	40	43	36	28	26	27	26	28	29	32	28
ΝΕΑ ΣΜΥΡΝΗ	44	43	42	33	26	31	29	28	32	28	31	33	29
ΜΑΡΟΥΣΙ	35	29	28	26	22	23	28	25	25	25	27	29	26
ΛΙΟΣΙΑ	36	35	35	32	30	26	21	20	22	24	20	21	17
ΛΥΚΟΒΡΥΣΗ	30	34	31	33	22	22	21	21	24	19	20	22	20
ΘΡΑΚΟΜΑΚΕΔΟΝΕΣ	13	13	12	11	10	7	7	8	9	8	8	7	8
ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	23	22	21	18	13	12	9	8	8	11	14	13	14
ΕΛΕΥΣΙΝΑ	38	36	33	35	37	30	30	32	31	24	29	27	24
ΚΟΡΩΠΙ			15	16	13	11	10	13	14	20	28	17	21

ΠΗΓΗ: <http://www.ypeka.gr/Portals/0/Files/Perivallon/Poiotita%20Atmosfairas/Ektheseis/Ekthesi2018.pdf>

VI. Για το όζον (**O₃**) υπάρχει γενικώς μια τάση σταθεροποίησης των τιμών με έντονη διακύμανση από έτος σε έτος σε κάποιους σταθμούς, λόγω της φύσης του ρύπου. Στο Σταθμό Θρακομακεδόνες καταγράφηκαν, για το 2018, 12 ώρες με ωριαία τιμή όζοντος πάνω από 180μg/m³, στους Σταθμούς Λυκόβρυση και Γεωπονική, 2 ώρες και σε άλλους σταθμούς 3,4,5 και 6 ώρες. Για το έτος 2018, δεν σημειώθηκε υπέρβαση του ορίου συναγερμού (240μg/m³), αλλά σημειώθηκαν υπερβάσεις της τιμή – στόχου, που είναι 120μg/m³. Ο αριθμός ημερών υπέρβασης τιμής – στόχου ανά σταθμό φαίνεται στον παρακάτω Πίνακα 1-3. Οι υπερβάσεις αυτές οφείλονται κατά κύριο λόγο στη γεωγραφική θέση της χώρας (μεγάλη ηλιοφάνεια και υψηλές θερμοκρασίες, συνθήκες που ευνοούν το σχηματισμό του όζοντος) και παρουσιάζονται σε όλες τις νότιες χώρες της Ε.Ε (ΤΜΗΜΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ 2019).

Πίνακας 1-3:Αριθμός ημερών με υπέρβαση του στόχου προστασίας της υγείας

	Ν.ΣΜΥ	ΛΙΟ	ΜΑΡ	ΠΕΡ	ΛΥΚ	ΘΡΑ	ΑΓ.ΠΑΡ	ΕΛΕ
2016-18	61	34	47	51	36	99	84	38

VII. Για τα αιωρούμενα σωματίδια (**PM10**), γενικά παρατηρείται μικρή μείωση ή σταθεροποίηση στις τιμές ρύπανσης από το ρύπο αυτό. Δεν παρατηρήθηκαν υπερβάσεις άνω του ορίου, της **μέσης** ετήσιας οριακής τιμής σε καμία θέση μέτρησης. Όμως παρατηρούνται υπερβάσεις σε συγκεκριμένους σταθμούς, συγκεκριμένο αριθμό ημερών. Πιο συγκεκριμένα, στο σταθμό Αριστοτέλους καταγράφηκαν τιμές συγκέντρωσης άνω των 50μg/m³ συνολικά 43 ημέρες και στον σταθμό Πειραιάς 1, 61 μέρες.

VIII. Για τα αιωρούμενα σωματίδια (**PM2,5**) παρατηρείται μικρή τάση μείωσης των τιμών ή σταθεροποίηση. Δεν παρατηρήθηκαν υπερβάσεις της μέσης ετήσιας οριακής τιμής (25μg/m³) σε καμία θέση μέτρησης.

1.1 Βασικότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι: περιγραφή, πηγές και επιδράσεις, (ΤΜΗΜΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ 2019)

I. Όζον

Αέριο, άχρωμο, με χαρακτηριστική οσμή, το κύριο συστατικό του φωτοχημικού νέφους στην επιφάνεια της γης (τροπόσφαιρα). Ωστόσο, στην ανώτερη ατμόσφαιρα (στρατόσφαιρα), το όζον έχει ευεργετικό ρόλο απορροφώντας τη βλαβερή υπεριώδη ακτινοβολία του ήλιου.

Πηγές στο περιβάλλον

Το όζον σχηματίζεται στην κατώτερη ατμόσφαιρα (τροπόσφαιρα) ως αποτέλεσμα αλυσίδας χημικών αντιδράσεων μεταξύ του οξυγόνου, πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs), και οξειδίων του αζώτου υπό συνθήκες έντονης ηλιακής ακτινοβολίας και υψηλών θερμοκρασιών. Πηγές των ρύπων που συντελούν στη δημιουργία του όζοντος είναι τα οχήματα, εργοστάσια, χωματαρές, χημικά διαλυτικά και πολλές άλλες μικρές πηγές όπως βενζινάδικα, αγροτικός εξοπλισμός, κλπ.

Επιδράσεις

Το όζον σε μεγάλες συγκεντρώσεις προκαλεί σημαντικά προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον όπου ζούμε. Προκαλεί ερεθισμό στην αναπνευστική οδό, διαταραχή της αναπνευστικής λειτουργίας, αίσθημα ξηρότητας στο λαιμό, πόνο στο στήθος, βήχα, άσθμα, φλεγμονή στους πνεύμονες, πιθανή επιδεικτικότητα σε μολύνσεις του αναπνευστικού και ερεθισμό των οφθαλμών. Το όζον είναι επίσης ο ρύπος με τις δυσμενέστερες επιδράσεις στα φυτά, μειώνει την παραγωγή στις αγροτικές καλλιέργειες και προκαλεί ζημιά στη δασική βλάστηση.

II. Μονοξείδιο του άνθρακα

Αέριο άοσμο και άχρωμο, εκπέμπεται από τις εξατμίσεις των μηχανών των βενζινοκίνητων αυτοκινήτων και πάσης φύσεως μηχανών όταν συντελείται ατελής καύση της καύσιμης ύλης.

Πηγές στο περιβάλλον

Κυρίως τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα. Υψηλές συγκεντρώσεις του μπορούν να βρεθούν σε κλειστά μέρη όπως χώροι στάθμευσης, ελλιπώς αεριζόμενες υπόγειες διαβάσεις, ή κατά μήκος των δρόμων σε περιόδους κυκλοφοριακής αιχμής.

Επιδράσεις

Μειώνει την ικανότητα του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο σε βασικούς ιστούς του οργανισμού, επιδρώντας κυρίως στο καρδιαγγειακό και νευρικό σύστημα. Χαμηλές

συγκεντρώσεις του επηρεάζουν δυσμενώς άτομα με καρδιακά προβλήματα και μειώνουν τις σωματικές επιδόσεις νεαρών και υγιών ατόμων. Υψηλότερες συγκεντρώσεις προκαλούν συμπτώματα όπως ζαλάδα, πονοκεφάλους και κόπωση.

III. Διοξείδιο του αζώτου

Είναι αέριο με καφέ-κίτρινο χρώμα και ιδιάζουσα οσμή. Σε υψηλές συγκεντρώσεις δίνει το χαρακτηριστικό χρώμα του στην όψη του ουρανού στις αστικές περιοχές.

Πηγές στο περιβάλλον

Η χρήση καυσίμων κυρίως σε αυτοκίνητα αλλά και σε βιομηχανικούς καυστήρες ή σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής παράγει μονοξείδιο του αζώτου. Αυτό με διάφορες χημικές αντιδράσεις που ενισχύονται με την παρουσία της ηλιακής ακτινοβολίας μετατρέπεται σε διοξείδιο του αζώτου.

Επιδράσεις

Σημαντικός ρύπος για τη δημιουργία όξινης βροχής. Σε υψηλές συγκεντρώσεις βλάπτει ανθρώπους και βλάστηση. Στα παιδιά μπορεί να προκαλέσει αναπνευστικές ασθένειες. Στους ασθματικούς προκαλεί δυσκολία στην αναπνοή.

IV. Αιωρούμενα Σωματίδια(ΑΣ)- Particulate Matter(PM)

Υλικά σε στερεή ή υγρή φάση που μπορούν να αιωρούνται στην ατμόσφαιρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Ικανά σε υψηλά επίπεδα να μεταβάλουν το μπλε χρώμα του ουρανού, λόγω σκέδασης, σε λευκό ή γκριζό. Προερχόμενα από ερήμους (Σαχάρα, Σαχελιανή ζώνη) είναι καφεκόκκινης απόχρωσης.

Πηγές στο περιβάλλον

Φυσικές πηγές: ηφαιστειακή δραστηριότητα, θάλασσα, σκόνη από απογυμνωμένο έδαφος, γύρη.

Ανθρωπογενείς πηγές: βιομηχανικές δραστηριότητες, παραγωγή τσιμέντου, γύψου, χυτήρια μεταλλεύματος, αυτοκίνητα (κυρίως πετρελαιοκίνητα οχήματα και δίκυκλα), πυρκαγιές, καύση βιομάζας, αγροτικές δραστηριότητες, κατασκευές. Η συμμετοχή του αυτοκινήτου οφείλεται στην καύση του καυσίμου, στη φθορά των ελαστικών, των υλικών πέδησης και του οδοστρώματος και στην επανααίωρηση.

Μικρότερα σε μέγεθος σωματίδια (δευτερογενή) δημιουργούνται στην ατμόσφαιρα από αντιδράσεις αερίων ρύπων. Τα δευτερογενή αιωρούμενα σωματίδια μπορούν να διαχωριστούν σε ανόργανα (αμμώνιο, νιτρικά και θειικά έχοντας ως πρόδρομες ουσίες την αμμωνία, τα αζωτοξείδια και τα οξείδια του θείου) και οργανικά (έχοντας ως πρόδρομους τους πτητικούς υδρογονάνθρακες). Με μια σειρά αντιδράσεων μπορούν να παραχθούν οργανικές ουσίες που είτε συσσωματώνονται και παράγουν νέα σωματίδια είτε συμπυκνώνονται πάνω σε υπάρχοντα σωματίδια. Η παραγωγή όζοντος σχετίζεται με παραγωγή δευτερογενών σωματιδίων.

Επιδράσεις

Οι επιδράσεις στην υγεία εξαρτώνται πολύ από το μέγεθος των σωματιδίων και τη σύστασή τους. Όσο μικρότερα σε μέγεθος είναι τα σωματίδια τόσο βαθύτερα εισχωρούν στο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου. Γενικά σωματίδια με μέγεθος μεγαλύτερο από 10μm δεν εισχωρούν στο αναπνευστικό σύστημα. Τα μικρότερα από 10μm σωματίδια επηρεάζουν την αναπνοή και προκαλούν ασθένειες στο αναπνευστικό. Ομάδα υψηλού κινδύνου αποτελούν ηλικιωμένοι, παιδιά και άτομα που πάσχουν από άσθμα. Προκαλούν,

επίσης, φθορές στα υλικά και μειώνουν την ορατότητα. Τα αιωρούμενα σωματίδια επηρεάζουν τις ηλεκτρικές ιδιότητες της ατμόσφαιρας συνεισφέροντας στη δημιουργία νεφών ως πυρήνας συμπύκνωσης και επιδρούν στο κλίμα μεταβάλλοντας το ισοζύγιο ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα.

V. Διοξείδιο του θείου

Άχρωμο, αέριο, άοσμο σε χαμηλές συγκεντρώσεις αλλά με έντονη ερεθιστική οσμή σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις.

Πηγές στο περιβάλλον

Εργοστάσια παραγωγής ενέργειας, βιομηχανίες, κεντρικές θερμάνσεις, διυλιστήρια πετρελαίου, χημικές βιομηχανίες, χαρτοβιομηχανίες.

Επιδράσεις

Επηρεάζει άτομα με αναπνευστικά προβλήματα από μόνο του ή ως συνέργεια με τα σωματίδια και προκαλεί αλλοιώσεις σε βλάστηση και μέταλλα. Μειώνει την ορατότητα και αυξάνει την οξύτητα λιμνών και ποταμών.

VI. Μόλυβδος, Αρσενικό, Κάδμιο και Νικέλιο

Είναι μέταλλα τα οποία βρίσκονται στην ατμόσφαιρα κυρίως στα σωματίδια είτε υπό στοιχειακή μορφή είτε υπό μορφή ενώσεων (οξειδίων, θεικών ή θειούχων).

Πηγές στο περιβάλλον

Φυσικές πηγές: Ο μόλυβδος, βρίσκεται στο έδαφος ως αποτέλεσμα της αποσάθρωσης βράχων, της ηφαιστειακής δραστηριότητας, των πυρκαγιών δασών κ.α. Το αρσενικό βρίσκεται σε αφθονία στις ορεινές περιοχές της Ευρώπης με τη μορφή θειούχων ενώσεων. Άλλες φυσικές πηγές αρσενικού είναι η ηφαιστειακή δραστηριότητα, από την οποία εκπέμπεται με μορφή θειούχων αλάτων ή οξειδίων. Το κάδμιο βρίσκεται στη φύση σε μικρές ποσότητες κυρίως σε ορυκτά που περιέχουν θειούχες ενώσεις του ψευδαργύρου, μολύβδου και χαλκού. Επίσης, προέρχεται από τη βλάστηση, τις πυρκαγιές δασών και τα ηφαίστεια. Το νικέλιο, βρίσκεται σε μεγάλη αφθονία στους μετεωρίτες, στον γήινο πυρήνα και σε λιγότερη έκταση στην επιφάνεια της γης. Κυρίως βρίσκεται σε μορφή θειούχων αλάτων ή οξειδίων.

Ανθρωπογενείς πηγές: Ο μόλυβδος, εκπέμπεται κυρίως από τις διεργασίες παραγωγής του, από την απόρριψη στο περιβάλλον προϊόντων που περιέχουν μόλυβδο και από την καύση υγρών καυσίμων και ξύλων. Το αρσενικό εκπέμπεται κυρίως υπό μορφή οξειδίων, από χυτήρια αρσενικού και από την καύση καυσίμων. Παλαιότερα η χρήση ζιζανιοκτόνων ήταν ακόμη μια πηγή ρύπανσης. Το κάδμιο, εκπέμπεται από τις παραγωγικές διαδικασίες παραγωγής μολύβδου, ψευδαργύρου, χαλκού, σιδήρου ή χάλυβα με τη μορφή θειούχων ή θεικών αλάτων. Επίσης από την καύση καυσίμων υπό τη μορφή οξειδίων ή υπό στοιχειακή μορφή και από την καύση απορριμμάτων υπό τη μορφή χλωριούχων αλάτων. Το νικέλιο, εκπέμπεται από την καύση καυσίμων, από μεταλλουργικές εργασίες παραγωγής νικελίου ή χάλυβα. Το νικέλιο από τις διεργασίες αυτές εκπέμπεται ως θειικό άλας ή υπό τη μορφή οξειδίων. Χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία ως καταλύτης.

Επιδράσεις

Ο μόλυβδος προκαλεί κυρίως αναιμία. Το αρσενικό επιδρά κυρίως στο ανώτερο αναπνευστικό και στο καρδιαγγειακό σύστημα και προκαλεί επίσης αύξηση της αρτηριακής πίεσης. Είναι επίσης πιθανόν να προκαλεί καρκίνο στους πνεύμονες. Το

κάδμιοεπιδρά κυρίως στα νεφρά. Επίσης έχει χαρακτηριστεί ως καρκινογόνο (προκαλεί καρκίνο των πνευμόνων). Το νικέλιο δεν θεωρείται καρκινογόνο. Πιθανόν να προκαλεί δερματικές παθήσεις. Πρέπει να τονισθεί ότι τα μέταλλα αυτά επιδρούν στην υγεία κυρίως μέσω της τροφικής αλυσίδας εάν έχει μολυνθεί και λιγότερο με την εισπνοή.

VII. Πολυκυκλική Αρωματική Υδρογονάνθρακες (ΠΑΥ)

Είναι οργανικές χημικές ενώσεις που περιέχουν άνθρακα και υδρογόνο. Αποτελούνται από τρεις ή περισσότερους συμπυκνωμένους βενζολικούς δακτυλίους και βρίσκονται κυρίως υπό μορφή ατμών ή σωματιδίων. Η χαρακτηριστικότερη ένωση της κατηγορίας αυτής είναι το βενζο(α)πυρένιο (BaP).

Πηγές στο περιβάλλον

Στις φυσικές πηγές περιλαμβάνονται πυρκαγιές και η ηφαιστειακή δραστηριότητα. Στις ανθρωπογενείς πηγές περιλαμβάνονται η βιομηχανία (παραγωγής κωκ, αλουμινίου και επεξεργασίας ξύλου), η θέρμανση στις οικίες όταν χρησιμοποιούνται ξύλα και κάρβουνο και τα οχήματα κυρίως αυτά που χρησιμοποιούν πετρέλαιο ως καύσιμο.

Επιδράσεις

Ορισμένοι από τους Πολυκυκλικούς Αρωματικούς Υδρογονάνθρακες και κυρίως το βενζο(α)πυρένιο (έχουν χαρακτηριστεί ως καρκινογόνες ενώσεις).

VIII. Βενζόλιο

Είναι πτητική οργανική ένωση (***Volatileorganiccompounds*** ή ***VOCs***), δηλαδή οργανική ένωση με υψηλή τάση ατμών σε συνηθισμένη θερμοκρασία δωματίου, λόγω χαμηλού σημείου ζέσεως.

Πηγές στο περιβάλλον

Το βενζόλιο εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα κυρίως από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Η κύρια πηγή είναι τα βενζινοκίνητα οχήματα ενώ άλλες πηγές είναι η βιομηχανία (δυσλίστηρια, χημική βιομηχανία), η διακίνηση καυσίμων και η οικιακή θέρμανση(καύση βιομάζας).

Επιδράσεις

Το βενζόλιο προκαλεί ασθένειες του αίματος και έχει χαρακτηριστεί ως καρκινογόνος ένωση.

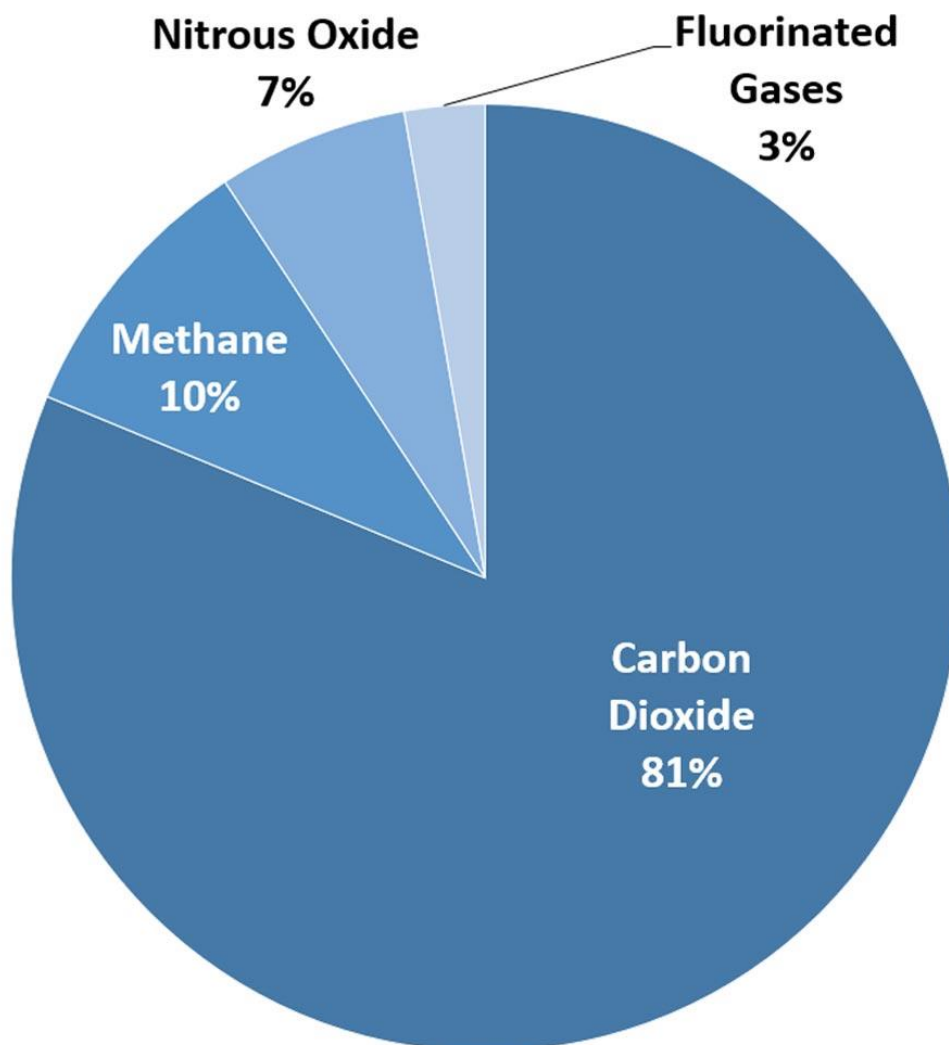
Αέρια του θερμοκηπίου

Τα αέρια τα οποία παγιδεύουν θερμότητα στην ατμόσφαιρα ονομάζονται αέρια του θερμοκηπίου. Από το Πρωτόκολλο του Κιότο έχουν καθοριστεί και μετρούνται έξι αέρια (Βικιπαίδεια 2015):

- διοξείδιο του άνθρακα CO₂ (που αποτελεί το σημαντικότερο αέριο),
- μεθάνιο CH₄,
- υποξείδιο του αζώτου N₂O,
- υδροφθοράνθρακες HFC,
- πλήρως φθοριωμένοι υδρογονάνθρακες ή υπερφθοράνθρακες PFC και
- εξαφθοριούχο θείο SF₆.

Στην Εικόνα 1.1 φαίνεται το ποσοστό που συμμετέχει το κάθε αέριο στο σύνολο των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Το 2018 οι συνολικές εκπομπές ήταν 6.677×10^6 τόννοι σύμφωνα με την (EPA 2020).

Overview of Greenhouse Gas Emissions in 2018

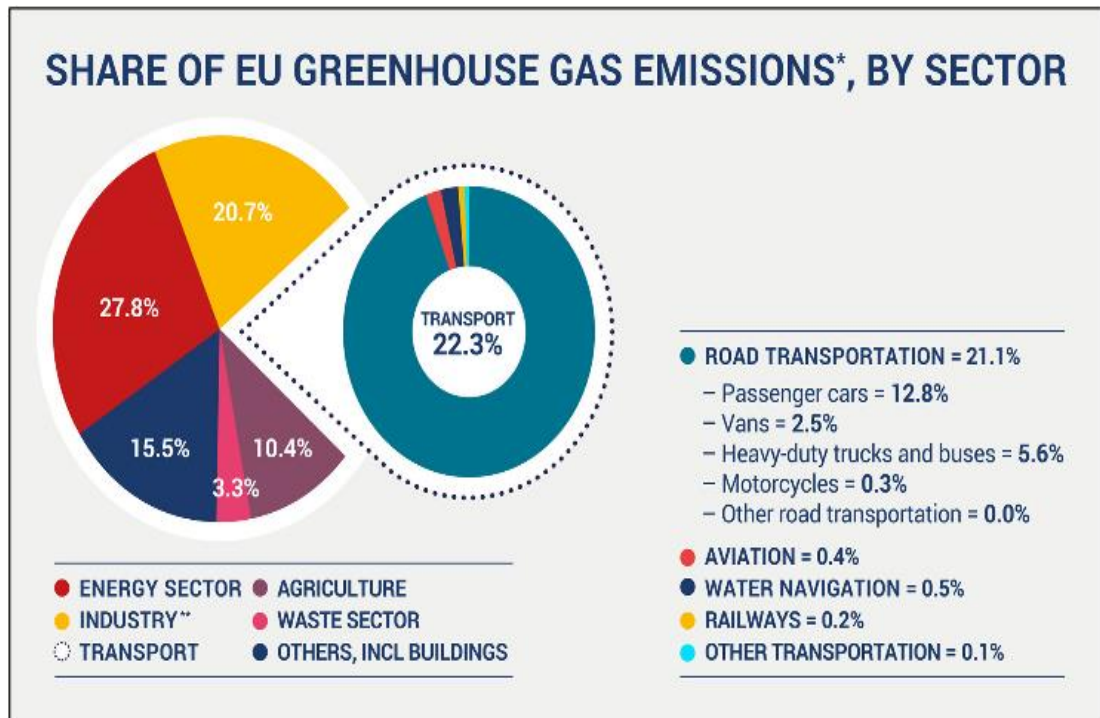


U.S. Environmental Protection Agency (2020). Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2018

Εικόνα 1.1: Ποσοστά συμμετοχής των αερίων του θερμοκηπίου επί των συνολικών εκπεμπόμενων αερίων.
ΠΗΓΗ: <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>

1.2 Εκπομπές ρύπων από οχήματα και επιβάρυνση του αστικού περιβάλλοντος

Ο τομέας των μεταφορών είναι υπεύθυνος για το 22,3% των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην Ευρώπη, με τον τομέα των χερσαίων μεταφορών να είναι υπεύθυνο για το 21,1%, με αμέσως επόμενες τις αερομεταφορές με ποσοστό 0,4%. Ο τομέας της ενέργειας καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μερίδιο με 27,8% εκπομπές και την τρίτη θέση καταλαμβάνει η βιομηχανία με 20,7%, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 1.2, (ACEA 2020).



Εικόνα 1.2: Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα.

1.2.1 Εκπομπές από βενζινοκινητήρες

Ο βενζινοκινητήρας είναι μηχανή εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ) στην οποία η Ισχύς παράγεται με την καύση του μίγματος βενζίνης και αέρα. Ένας στοιχειώδης κινητήρας αποτελείται από έναν κύλινδρο, μέσα στον οποίο παλινδρομεί ένα έμβολο. Ο αριθμός των κυλίνδρων σε έναν κινητήρα φτάνει μέχρι τους 12. Ο κινητήρας τροφοδοτείται με καύσιμο από το ρεζερβουάρ και αναμειγνύεται με αέρα σε ειδικό χώρο, τον εξαεριοτήρα (carbureteur). Μετά, το μείγμα αέρα - βενζίνης (καυσίμου) μεταφέρεται στον κύλινδρο, όπου και συμπιέζεται, χωρίς όμως η συμπίεση αυτή να προκαλέσει θερμοκρασία ανάφλεξης. Η ανάφλεξη του μίγματος γίνεται στο τέλος της συμπίεσης από ηλεκτρικούς αναφλεκτήρες (μπουζί) που προκαλούν σπινθήρες. Θεωρητικά η καύση γίνεται ακαριαία, με αποτέλεσμα την απότομη άνοδο της πίεσης. Ακολουθεί εκτόνωση των αερίων, με κίνηση του εμβόλου προς τα έξω.

Στους τετράχρονους κινητήρες οι τέσσερις χρόνοι του εμβόλου είναι: συμπίεση, εκτόνωση, εξαγωγή και αναρρόφηση ενώ στους δίχρονους κινητήρες υπάρχουν μόνο οι χρόνοι συμπίεσης και εκτόνωσης με την εξαγωγή και την αναρρόφηση (εισαγωγή) να γίνονται συγχρόνως.

Κάτι που πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη είναι ότι η καύση που συντελείται στον κινητήρα δεν είναι τέλεια/ιδανική κι έτσι παράγονται κι άλλοι επιβλαβείς ρύποι.

Οι βασικοί ρύποι που εκλύονται από βενζινοκινητήρες είναι οι εξής:

HC: Λόγω της ατελούς καύσης της βενζίνης εκλύονται υδρογονάνθρακες. Ρυθμιστικός παράγοντας της καύσης είναι η αναλογία αέρα -καυσίμου.

CO: Επίσης προϊόν της ατελούς καύσης της βενζίνης.

NOx: Τα οξειδία του αζώτου δημιουργούνται από την αντίδραση του οξυγόνου με το άζωτο σε ακραίες συνθήκες πίεσης-θερμοκρασίας.

CO₂: Παράγεται από την καύση των υδρογονανθράκων.

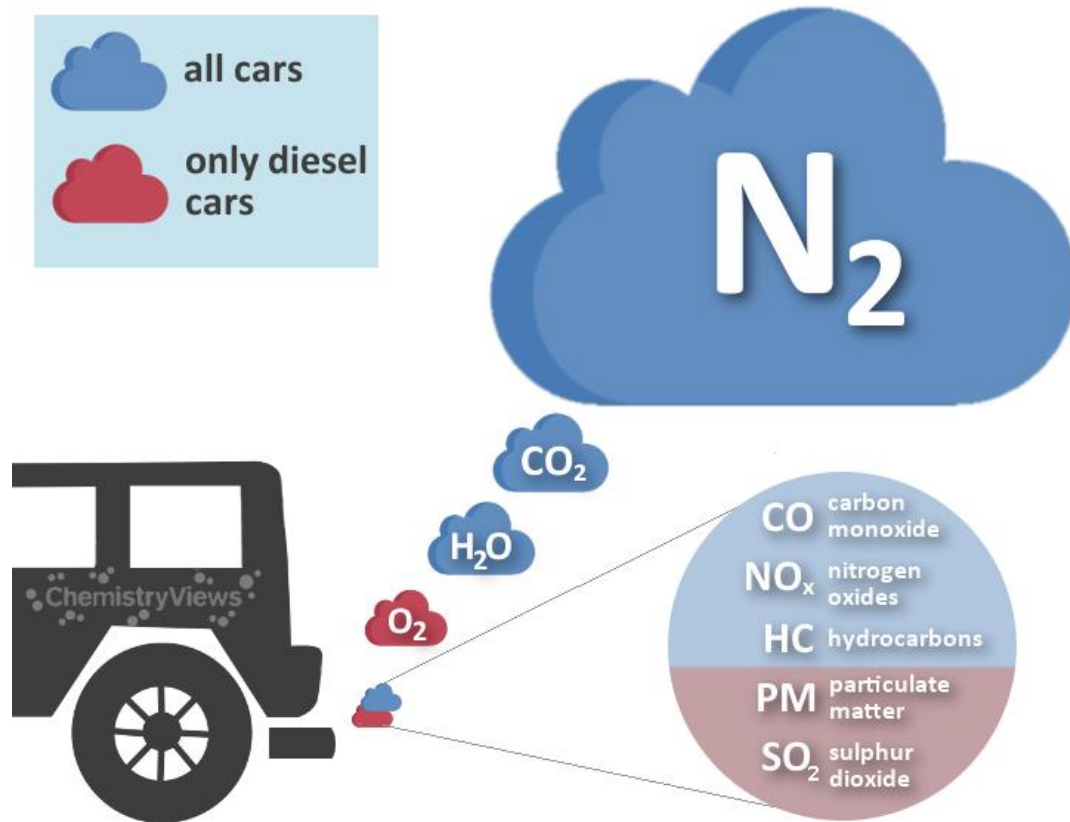
VOCs: Από εξάτμιση των πτητικών του καυσίμου.

Με την εισαγωγή του καταλύτη οι εκπομπές CO, HC και NOx από τους βενζινοκινητήρες μειώθηκαν δραστικά, αυξήθηκαν όμως οι εκπομπές CO₂, λόγω της οξειδωσης του μονοξειδίου του άνθρακα. Οι βενζινοκινητήρες παράγουν περισσότερο CO και HC από αυτούς του πετρελαίου, ακόμα και με την χρήση καταλύτη, αλλά οι εκπομπές σωματιδίων και NOx, είναι πολύ μικρότερες από τα diesel, σχεδόν αμελητέες.

1.2.2 Εκπομπές από πετρελαιοκινητήρες

Στον diesel κινητήρα ο κύλινδρος είναι κλειστός στο ένα του άκρο και μέσα του μπαίνει αέρας. Το έμβολο του κυλίνδρου, στο άλλο άκρο, συμπιέζει τον αέρα, μέχρις ότου η θερμοκρασία του αέρα φτάσει στο βαθμό ανάφλεξης του πετρελαίου (250° C περίπου). Τότε ειδικός ψεκαστήρας τροφοδοτεί τον κύλινδρο με πετρέλαιο υπό μορφή σταγόνων, το οποίο σε αυτές τις συνθήκες αναφλέγεται. Η ανάφλεξη προκαλεί πίεση μεγαλύτερη στο αέριο, με αποτέλεσμα την κίνηση του εμβόλου προς τα έξω και την εκτόνωση των αερίων.

Η βασική διαφορά του κινητήρα πετρελαίου σε σχέση με τον βενζινοκινητήρα ως προς τους ρύπους είναι η έκλυση σωματιδίων, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 1.3.



Εικόνα 1.3: Ρύποι που εκλύονται από τις εξατμίσεις οχημάτων.

2. Ανασκόπηση των περιορισμών εκπομπών των επιβατικών οχημάτων

Στο 1^ο κεφάλαιο παρουσιάστηκε η συμβολή των οχημάτων στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Όπως είδαμε τα οχήματα είναι σημαντικός παράγοντας ρύπανσης και για αυτόν τον λόγο η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει ένα σύνολο κανόνων και απαιτήσεων ώστε να μειωθεί ο αντίκτυπος των μεταφορών στην ρύπανση. Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα πρότυπα που έχει προτείνει η ΕΕ στην πορεία των χρόνων, καθώς κι αυτά που είναι τώρα σε ισχύ.

Πριν κυκλοφορήσει στην αγορά της ΕΕ ένα νέο μοντέλο οχήματος ο κατασκευαστής οφείλει να το υποβάλει στην διαδικασία «έγκρισης τύπου», ώστε να πιστοποιηθεί ότι το πρότυπο του οχήματος πληροί το σύνολο των απαιτήσεων ασφάλειας, προστασίας του περιβάλλοντος και παραγωγής.

Οι Αρχές Έγκρισης Τύπου (ΑΕΤ) είναι εθνικές αρχές που είναι αρμόδιες για τη χορήγηση έγκρισης τύπου σε νέα μοντέλα οχημάτων. Οι εν λόγω αρχές χορηγούν διαπίστευση σε τεχνικές υπηρεσίες, οι οποίες είναι οι φορείς που πραγματοποιούν τις δοκιμές οχημάτων. Οι δοκιμές αυτές μπορεί να πραγματοποιούνται από τις τεχνικές υπηρεσίες είτε στις εγκαταστάσεις τους (εφόσον διαθέτουν) είτε στις εγκαταστάσεις των κατασκευαστών αυτοκινήτων.

Οι εθνικοί φορείς που είναι αρμόδιοι για τον έλεγχο συμμόρφωσης των προϊόντων που κυκλοφορούν στην αγορά της χώρας με τα πρότυπα της ΕΕ, είναι οι Αρχές εποπτείας της αγοράς (ΑΕΑ). Οι ΑΕΑ μπορούν να επιβάλλουν κυρώσεις ή ακόμα και να απαγορεύσουν την

πώληση προϊόντων στην χώρα, αν αυτά δεν συμμορφώνονται με τις προδιαγραφές. Η συμμόρφωση με τις προδιαγραφές ελέγχεται από τυποποιημένες διαδικασίες που ονομάζονται *Κύκλοι Οδήγησης* (βλέπε Κεφάλαιο 3). Τα πρότυπα δεν απαιτούν τη χρήση κάποιας συγκεκριμένης τεχνολογίας από τους κατασκευαστές οχημάτων, αλλά λαμβάνει υπόψη την διαθέσιμη τεχνολογία την χρονική στιγμή που καθορίζονται τα πρότυπα.

Όσον αφορά τα επιβατικά και τα επαγγελματικά οχήματα, η ΕΕ ρυθμίζει τους ακόλουθους ατμοσφαιρικούς ρύπους με τη θέσπιση νόμιμων ορίων εκπομπών (νόμιμα όρια **Euro**): μονοξείδιο του άνθρακα (CO), ολικοί υδρογονάνθρακες (THC), υδρογονάνθρακες πλην μεθανίου (NMHC) και οξείδια του αζώτου (NOX). Ρυθμίζει επίσης τη συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων, εκφραζόμενη σε σωματίδια (PM) και αριθμό σωματιδίων (PN)(Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο 2019).

2.1 Τα πρότυπα EURO

Ήδη από το 1970 είχαν καθοριστεί κάποια πρότυπα με την Οδηγία 70/220/ΕΟΚ. Τα πρότυπα **Euro** έκαναν την εμφάνισή τους το 1991 με το **Euro 0** για τα επιβατικά αυτοκίνητα και το 1992 με το **Euro I** για τα επαγγελματικά οχήματα και κάθε φορά τροποποιούν το πλαίσιο κανονισμών που εγκρίθηκε με την οδηγία της ΕΕ το 1970, το οποίο τελικά και αντικατέστησαν. Από εκεί και πέρα η εξέλιξη των προτύπων υπήρξε παράλληλα και για τα δύο είδη οχημάτων. Με αραβικούς αριθμούς (0,1,2,3..) ονοματίζονται τα πρότυπα που αφορούν τα επιβατικά και με λατινική αρίθμηση (I,II,III...) τα επαγγελματικά. Στην παρούσα εργασία θα αναφερθούμε μόνο στα επιβατικά οχήματα, με κινητήρες πετρελαίου ή βενζίνης, τύπου M (ή M₁ και N₁). Στον Πίνακα 2-1 φαίνονται οι Οδηγίες της ΕΕ που έθεσαν σε ισχύ τα Euro και στους Πίνακες Πίνακας 2-2 και Πίνακας 2-3 τα επιτρεπόμενα όρια των ρύπων για βενζινοκινητήρες και πετρελαιοκινητήρες αντίστοιχα.

Πίνακας 2-1: Οδηγίες της ΕΕ για τα όρια ρύπανσης επιβατικών αυτοκινήτων

Οδηγία Νο	Τι αφορά	Σύνδεσμος	Ημερομηνία δημοσίευσης		Σχόλια
70/220/ΕΟΚ	Μέτρα κατά της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, από αέρια που προέρχονται από κινητήρες οχημάτων	https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:31970L0220&from=en	20-Μαρ-70		
91/441/ΕΟΚ	Τροποποίηση της 70/220/ΕΟΚ για επιβατικά οχήματα	https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:31991L0441&from=EN	26-Ιουν-91	Euro 1	
93/59/ΕΟΚ	Τροποποίηση της 70/220/ΕΟΚ για επιβατικά οχήματα & ελαφρά φορτηγά	https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:31993L0059&from=en	28-Ιουν-93		
94/12/ΕΚ	Τροποποίηση της 70/220/ΕΟΚ για επιβατικά οχήματα	https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:31994L0012&from=en	23-Μαρ-94	Euro 2	

96/69/ΕΚ	Τροποποίηση της 70/220/ΕΟΚ	https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:31996L0069&from=en	8-Οκτ-96		
98/69/ΕΚ	Τροποποίηση της 70/220/ΕΟΚ	https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9ee5d16b-1a4a-4a72-ac90-5e3a0bb1d745.0009.02/DOC_1&format=PDF	13-Οκτ-98	Euro 3	
2002/80/ΕΚ	Τροποποίηση της 70/220/ΕΟΚ	https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2002/80/oj	3-Οκτ-02	Euro 4	
715/2007/ΕΚ	Έγκριση τύπου μηχανοκινήτων οχημάτων όσον αφορά εκπομπές από ελαφρά επιβατηγά και εμπορικά οχήματα (Euro 5 και Euro 6) και σχετικά με την πρόσβαση σε πληροφορίες επισκευής και συντήρησης οχημάτων	https://eur-lex.europa.eu/legal-content/el/TXT/?uri=CELEX%3A32007R0715	20-Ιουν-07	Euro 5	Ουσιαστικά η οδηγία αυτή καταργεί όλες τις προηγούμενες
692/2008/ΕΚ	Τροποποίηση 715/2007/ΕΚ	https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=CELEX%3A32008R0692	18-Ιουλ-08		
459/2012/ΕΕ	Τροποποίηση 715/2007 και 692/2008	https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=CELEX%3A32012R0459	29-Μαΐ-12	Euro 6	
2016/646/ΕΕ	Τροποποίηση 692/2008/ΕΚ	https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=CELEX%3A32016R0646	20-Απρ-16		
1999/94/ΕΚ	Πληροφόρηση καταναλωτών σχετικά με την οικονομία καυσίμου και τις εκπομπές CO ₂ για νέα επιβατηγά	https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=CELEX%3A31999L0094	13-Δεκ-99		

2019/631/ΕΕ	πρότυπα επιδόσεων για εκπομπές CO ₂ από καινούργια επιβατικά & ελαφρά επαγγελματικά οχήματα. Κατάργηση των κανονισμών (ΕΚ) αριθ. 443/2009 και (ΕΕ) αριθ. 510/2011	https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=CELEX%3A32019R0631	17-Απρ-19		
-------------	--	---	-----------	--	--

Πίνακας 2-2: Επιτρεπόμενα όρια ρύπων για βενζινοκινητήρες σύμφωνα με τα πρότυπα Euro

Βενζίνη	Ημερομηνία Έγκρισης Τύπου	CO [gr/km]	HC [gr/km]	NOx [gr/km]	HC+NOx [gr/km]	PM [gr/km]	PN (αριθμός/km)
Euro 1	Ιουλ-92	2.72 (3.16)	-	-	0.97 (1.13)	-	-
Euro 2	Ιαν-96	2.2	-	-	0.5	-	-
Euro 3	Ιαν-00	2.3	0.20	0.15	-	-	-
Euro 4	Ιαν-05	1.0	0.10	0.08	-	-	-
Euro 5	Σεπ-09	1.0	0.10	0.060	-	0.005	-
Euro 6	Σεπ-14	1.0	0.10	0.060	-	0.0045	6×10 ¹¹

Πίνακας 2-3: Επιτρεπόμενα όρια ρύπων για πετρελαιοκινητήρες σύμφωνα με τα πρότυπα Euro

Πετρέλαιο	Ημερομηνία Έγκρισης Τύπου	CO [gr/km]	HC [gr/km]	NOx [gr/km]	HC+NOx [gr/km]	PM [gr/km]	PN (αριθμός/km)
		-	-	-	-	-	-
Euro 1	Ιουλ-92	2.72 (3.16) ¹	-	-	0.97 (1.13)	0.14 (0.18)	-
Euro 2	Ιαν-96	1.0	-	-	0.7	0.08	-
Euro 3	Ιαν-00	0.66	-	0.50	0.56	0.05	-
Euro 4	Ιαν-05	0.50	-	0.25	0.30	0.025	-
Euro 5	Σεπ-09	0.50	-	0.180	0.230	0.005	-
Euro 6	Σεπ-14	0.50	-	0.080	0.170	0.0045	6×10 ¹¹

2.2 Προδιαγραφές σε ισχύ

Σύμφωνα με το Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών, από 1-9-2019 και μέχρι 31-12-2020, τα ισχύοντα πρότυπα εκπομπών καυσαερίων που πρέπει να πληρούν τα επιβατικά οχήματα κατηγορίας M1 και τα φορτηγά οχήματα κατηγορίας N1 κλάση I, για την πρώτη ταξινόμηση ως καινούργια, είναι το Euro6d-TEMP-EVAP-ISC (Euro6-2) και το Euro6d-ISC (Euro 6-2) με χαρακτήρες DG και AM αντίστοιχα

Επόμενα ισχύοντα πρότυπα εκπομπών καυσαερίων, από 1-1-2021, τα οποία επίσης γίνονται δεκτά είναι το Euro 6d-ISC-FCM (Euro6-2) με χαρακτήρα AP.

Τα αμέσως προηγούμενα πρότυπα εκπομπών καυσαερίων από 1-9-2019, για όλες τις άνω κατηγορίες οχημάτων είναι: Euro 6c (Euro 6-2) με χαρακτήρα AD και το Euro6d-TEMP (Euro 6-2) με χαρακτήρα AG, το Euro 6d-TEMP-EVAP (Euro 6-2) με χαρακτήρα BG, το Euro6d-

¹ Οι τιμές στις παρενθέσεις αναφέρονται στα όρια Συμμόρφωσης Παραγωγής.

TEMP-ISC (Euro 6-2) με χαρακτήρα CG και το Euro 6d(Euro 6-2) με χαρακτήρα AJ (ΑΑΔΕ 2019).

Στον Πίνακα 2-4 φαίνονται οι αντιστοιχίες κανονισμών- όρια Euro που ισχύουν μέχρι σήμερα, (ΥΠΕΚΑ 2020). Ενώ στους Πίνακα 2-5,

Πίνακα 2-6 και Πίνακα 2-7 φαίνονται τα όρια εκπομπών σύμφωνα με τα Euro 5 & Euro 6, (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο 2007).

Σε αυτή την παράγραφο αναφέρονται περιληπτικά οι Κανονισμοί και Οδηγίες της ΕΕ, που βρίσκονται σε ισχύ τη δεδομένη χρονική στιγμή.

Τα όρια εκπομπών ρύπων στην ατμόσφαιρα, έχουν ήδη οριστεί από προηγούμενα πρότυπα Euro (όπως Euro 4&5). Όμως στο Euro 6, ιδιαίτερη σημασία και απαίτηση, έχει η χρήση καλύτερης τεχνολογίας για τον έλεγχο των εκπομπών των οχημάτων. Βασική προϋπόθεση για την επίτευξη μειωμένων ρύπων είναι το καύσιμο να έχει πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο. Ως εκ τούτου, η περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων βενζίνης και ντίζελ στην Ευρώπη ρυθμίστηκε ώστε να πληροί πολύ αυστηρά πρότυπα ποιότητας καυσίμων. Χωρίς αυτές τις βελτιώσεις στην ποιότητα των καυσίμων, η αυξανόμενη αυστηρότητα των ορίων στα Ευρωπαϊκά πρότυπα δεν θα ήταν δυνατή.

Πίνακας 2-4: Αντιστοιχίες κανονισμών- κατηγορία Euro που ισχύουν μέχρι σήμερα

ΟΔΗΓΙΑ Ε.Ε	ΛΑΤΙΝΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ	ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ	
715/2007	Α έως Μ	EURO 5	
692/2008			
566/2011			
459/2012			
630/2012			
143/2013			
171/2013			
195/2013			
136/2014			
2015/45			
715/2007			Ν έως Υ και ΖΑ, ΖΒ, ΖC, ΖD, ΖE, ΖF
692/2008			
566/2011			
459/2012			
630/2012			
143/2013			
171/2013			
195/2013			
136/2014			
2015/45			
2016/427			
2016/646	Ν έως Υ και ΖΑ, ΖΒ, ΖC, ΖD, ΖE, ΖF, ΖG, ΖH, ΖI, ΖJ, ΖK, PLN		
2017/1221			
2017/1347	ΑΑ, ΒΑ, ΑΒ, ΒΒ, ΑC, ΒC, ΑD, ΑE, ΑF, ΑG, ΒG, ΑH, ΒH, ΑI, ΒI, ΑJ, ΑK, ΑL, ΑX, ΑY, ΑZ		
98/69	B	EURO 4	
1999/102			
2001/100			
2002/80			
2003/76			
2006/96			
R 83.05 II			

Πίνακας 2-5: Όρια εκπομπών Euro 5

Κατηγορία		Κλάση	Μάζα αναφοράς (RM) (kg)	Οριακές τιμές													
				Μάζα μονοξειδίου του άνθρακα (CO)		Μάζα συνολικών υδρογονανθράκων (THC)		Μάζα υδρογονανθράκων εκτός μεθανίου (NMHC)		Μάζα οξειδίων του αζώτου (NO _x)		Συνδυασμένη μάζα συνολικών υδρογονανθράκων και οξειδίων του αζώτου (THC + NO _x)		Μάζα σωματιδίων (PM)		Αριθμός σωματιδίων ⁽¹⁾ (P)	
				L ₁ (mg/km)		L ₂ (mg/km)		L ₃ (mg/km)		L ₄ (mg/km)		L ₂ + L ₄ (mg/km)		L ₅ (mg/km)		L ₆ (#/km)	
PI	CI	PI	CI	PI	CI	PI	CI	PI	CI	PI	CI	PI (2)	CI	PI	CI		
M	—	Όλες	1 000	500	100	—	68	—	60	180	—	230	5,0	5,0			
N ₁	I	RM ≤ 1 305	1 000	500	100	—	68	—	60	180	—	230	5,0	5,0			
	II	1 305 < RM ≤ 1 760	1 810	630	130	—	90	—	75	235	—	295	5,0	5,0			
	III	1 760 < RM	2 270	740	160	—	108	—	82	280	—	350	5,0	5,0			
N ₂			2 270	740	160	—	108	—	82	280	—	350	5,0	5,0			

Υπόμνημα: PI = επιβαλλόμενη ανάφλεξη, CI = ανάφλεξη με συμπίεση.

(¹) Το ταχύτερο δυνατόν και το αργότερο μετά την έναρξη ισχύος του Euro 6 πρέπει να ορισθεί ένας τυποποιημένος αριθμός.

(²) Οι οριακές τιμές μάζας σωματιδίων για οχήματα με επιβαλλόμενη ανάφλεξη εφαρμόζονται μόνο στα οχήματα με κινητήρα απευθείας έγχυσης.

Πίνακας 2-6: Όρια εκπομπών Ευρο6

Κατηγορία	Κλάση	Μάζα αναφοράς (RM) (kg)	Οριακές τιμές													
			Μάζα μονοξειδίου του άνθρακα (CO)		Μάζα συνολικών υδρογονανθράκων (THC)		Μάζα υδρογονανθράκων εκτός μεθανίου (NMHC)		Μάζα οξειδίων του αζώτου (NO _x)		Συνδυασμένη μάζα υδρογονανθράκων και οξειδίων του αζώτου (HC + NO _x)		Μάζα σωματιδίων (PM)		Αριθμός σωματιδίων ⁽¹⁾ (P)	
			L ₁ (mg/km)		L ₂ (mg/km)		L ₃ (mg/km)		L ₄ (mg/km)		L ₂ + L ₄ (mg/km)		L ₅ (mg/km)		L ₆ (#/km)	
			PI	CI	PI	CI	PI	CI	PI	CI	PI	CI	PI ⁽²⁾	CI	PI	CI
M	—	Όλες	1 000	500	100	—	68	—	60	80	—	170	5,0	5,0		
N ₁	I	RM ≤ 1 305	1 000	500	100	—	68	—	60	80	—	170	5,0	5,0		
	II	1 305 < RM ≤ 1 760	1 810	630	130	—	90	—	75	105	—	195	5,0	5,0		
	III	1 760 < RM	2 270	740	160	—	108	—	82	125	—	215	5,0	5,0		
N ₂			2 270	740	160	—	108	—	82	125	—	215	5,0	5,0		

Υπόμνημα: PI = επιβαλλόμενη ανάφλεξη, CI = ανάφλεξη με συμπίεση.

⁽¹⁾ Στο παρόν στάδιο πρέπει να ορισθεί ένας τυποποιημένος αριθμός.

⁽²⁾ Τα πρότυπα μάζας σωματιδίων για οχήματα με επιβαλλόμενη ανάφλεξη εφαρμόζονται μόνο σε οχήματα με κινητήρα απευθείας έγχυσης.

Πίνακας 2-7: Όρια εκπομπών για τις εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα και υδρογονανθράκων από τον αγωγό εξαγωγής ύστερα από δοκιμή εκκίνησης ψυχρού κινητήρα

Κατηγορία οχήματος	Μάζα μονοξειδίου του άνθρακα (CO) L ₁ (mg/km)	Θερμοκρασία δοκιμής 266 K (-7 °C)		Μάζα υδρογονανθράκων (HC) L ₂ (g/km)
		Μάζα συνολικών υδρογονανθράκων (THC) L ₂ (mg/km)	Μάζα μονοξειδίου του άνθρακα (CO) L ₁ (g/km)	
M	—	—	15	1,8
N ₁	—	I	15	1,8
		II	24	2,7
		III	30	3,2
N ₂	—	—	30	3,2

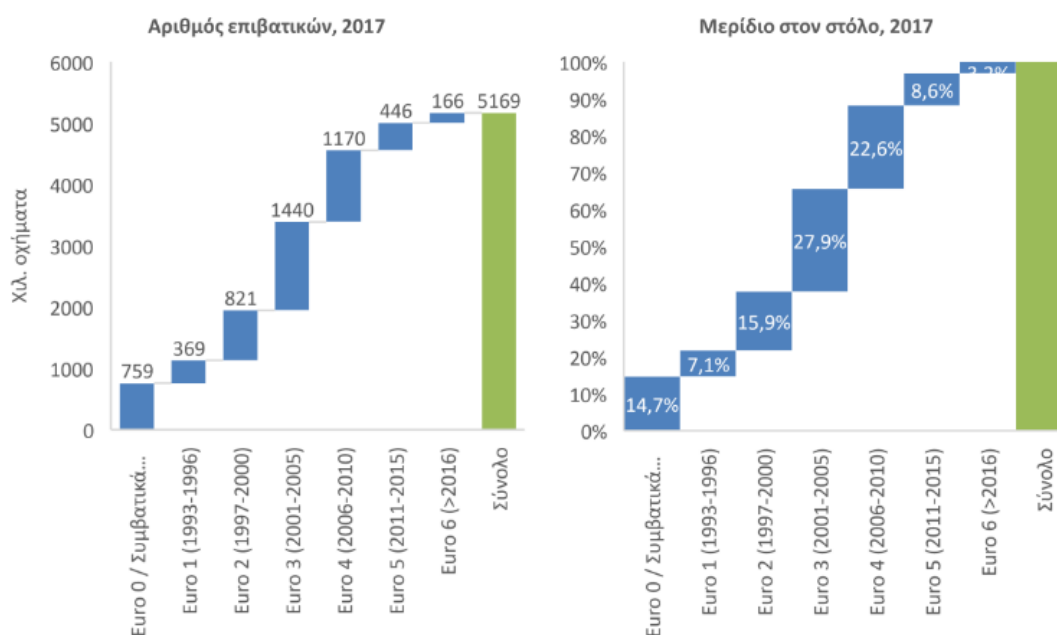
ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΣΕ ΙΣΧΥ

1. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΚ) αριθ. 715/2007Ο παρών κανονισμός εφαρμόζεται στα οχήματα των κατηγοριών M1, M2, N1 και N2, όπως ορίζονται στο παράρτημα II της οδηγίας 70/156/ΕΟΚ με μάζα αναφοράς μη υπερβαίνουσα τα 2 610 kg. Ύστερα από αίτηση του κατασκευαστή, η έγκριση τύπου που χορηγείται βάσει του παρόντος κανονισμού μπορεί να επεκταθεί από τα οχήματα που καλύπτονται στην παράγραφο 1 σε οχήματα των κατηγοριών M1, M2, N1 και N2, όπως ορίζονται στο παράρτημα II της οδηγίας 70/156/ΕΟΚ, με μάζα αναφοράς μη υπερβαίνουσα τα 2 840 kg και τα οποία πληρούν τις προϋποθέσεις που προβλέπονται στον παρόντα κανονισμό και στα μέτρα εφαρμογής του.
2. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) αριθ. 195/2013 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ, Αντικατάσταση Κανονισμού 171/2013/ΕΚ, που αφορά την έγκριση τύπου μηχανοκινήτων οχημάτων όσον αφορά εκπομπές από ελαφρά επιβατηγά και εμπορικά οχήματα (Euro 5 & 6) και σχετικά με την πρόσβαση σε πληροφορίες επισκευής και συντήρησης οχημάτων όσον αφορά τις καινοτομικές τεχνολογίες για τη μείωση των εκπομπών CO₂ από ελαφρά επιβατηγά και εμπορικά οχήματα.
3. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) αριθ. 136/2014 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ, Τροποποιήσεις στην οδηγία 2007/46/ΕΚ και στον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 692/2008, που αφορά την έγκριση ΕΚ τύπου οχήματος όσον αφορά τις εκπομπές και τις πληροφορίες επισκευής και συντήρησης»: έγκριση ΕΚ τύπου οχήματος σε σχέση με τις εκπομπές αγωγού εξαγωγής, τις εκπομπές στροφαλοθαλάμου, τις εξατμιστικές εκπομπές, την κατανάλωση καυσίμου και την πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικά με το ενσωματωμένο σύστημα διάγνωσης (OBD) και την επισκευή και συντήρηση του οχήματος.
4. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) 2016/646 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 692/2008 διαπίστωσε ότι οι εκπομπές που παράγονται κατά την πραγματική οδήγηση στον δρόμο από οχήματα της κατηγορίας Euro 5/6 υπερβαίνουν σημαντικά τις εκπομπές που μετρούνται με τον κανονιστικό νέο ευρωπαϊκό κύκλο οδήγησης (NEDC), ιδίως όσον αφορά τις εκπομπές NOx από οχήματα ντίζελ.

5. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) 2017/1154 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ, Η Επιτροπή πραγματοποίησε λεπτομερή ανάλυση των διαδικασιών, των δοκιμών και των απαιτήσεων έγκρισης τύπου που ορίζονται στον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 692/2008 βάσει δικής της έρευνας και εξωτερικών πληροφοριών και διαπίστωσε ότι οι εκπομπές που παράγονται κατά την πραγματική οδήγηση στον δρόμο από οχήματα της κατηγορίας Euro 5/6 υπερβαίνουν σημαντικά τις εκπομπές που μετριοούνται με τον κανονιστικό νέο ευρωπαϊκό κύκλο οδήγησης (NEDC), ιδίως όσον αφορά τις εκπομπές NOx από οχήματα ντίζελ. Οι απαιτήσεις εκπομπών έγκρισης τύπου για μηχανοκίνητα οχήματα έγιναν σταδιακά σημαντικά αυστηρότερες μέσω της θέσπισης και, στη συνέχεια, της αναθεώρησης των προτύπων Euro. Ενώ τα οχήματα έχουν σημειώσει εν γένει σημαντικές μειώσεις εκπομπών σε όλο το φάσμα των ελεγχόμενων ρύπων, αυτό δεν ίσχυε για τις εκπομπές NOx από ελαφρά επιβατηγά και εμπορικά οχήματα ντίζελ. Επομένως, απαιτούνται ενέργειες για τη διόρθωση της κατάστασης αυτής.
6. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) 2017/1347 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ, συμπληρώνει το πλαίσιο για την έγκριση τύπου των μηχανοκίνητων οχημάτων και των ρυμουλκούμενων τους, καθώς και των συστημάτων, κατασκευαστικών στοιχείων και χωριστών τεχνικών μονάδων που προορίζονται για τα οχήματα αυτά. Αρκετά στοιχεία του εν λόγω πλαισίου, ειδικότερα όσον αφορά το δελτίο πληροφοριών του κατασκευαστή, τις εκθέσεις δοκιμών, το πιστοποιητικό συμμόρφωσης και τις προϋποθέσεις.
7. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) 2017/1151 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ εισαγωγή της WLTP
8. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) 2018/1832 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ επικαιροποίηση δοκιμών οχημάτων σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης, η διαδικασία δοκιμών εκπομπών σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης (RDE).
9. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) 2019/631 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ, Ο παρών κανονισμός προσφέρει σαφή λύση για τη μείωση των εκπομπών CO₂ που προέρχονται από τον τομέα των οδικών μεταφορών και συμβάλλει στην επίτευξη του δεσμευτικού στόχου για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου έως το 2030 σε όλο το φάσμα της οικονομίας κατά τουλάχιστον 40 % σε σύγκριση με το 1990. Από την 1η Ιανουαρίου 2020, ο παρών κανονισμός θέτει ως στόχο για το σύνολο του στόλου οχημάτων της ΕΕ τα 95 g CO₂/km για τις μέσες εκπομπές των καινούργιων επιβατικών αυτοκινήτων και ως στόχο για το σύνολο του στόλου οχημάτων της ΕΕ τα 147 g CO₂/km για τις μέσες εκπομπές των καινούργιων ελαφρών επαγγελματικών οχημάτων που ταξινομούνται στην Ένωση, όπως αυτές μετρώνται έως τις 31 Δεκεμβρίου 2020, σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 692/2008 μαζί με τους εκτελεστικούς κανονισμούς (ΕΕ) 2017/1152 και (ΕΕ) 2017/1153, και από την 1η Ιανουαρίου 2021 όπως μετρώνται σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΕ) 2017/1151.
10. Ο παρών κανονισμός θα συμπληρωθεί, έως τις 31 Δεκεμβρίου 2024, με επιπρόσθετα μέτρα που αντιστοιχούν σε μείωση κατά 10 g CO₂/km στο πλαίσιο της ενωσιακής ολοκληρωμένης προσέγγισης η οποία αναφέρεται στην ανακοίνωση της Επιτροπής της 7ης Φεβρουαρίου 2007 με τίτλο «Αποτελέσματα της επανεξέτασης της κοινοτικής στρατηγικής για τη μείωση των εκπομπών CO₂ από τα επιβατηγά και τα ελαφρά εμπορικά οχήματα.

ΟΔΗΓΙΑ (ΕΕ) 2019/1161 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ παρουσία οδηγία επιβάλλει την υποχρέωση στα κράτη μέλη να διασφαλίσουν ότι οι αναθέτουσες αρχές και οι αναθέτοντες φορείς λαμβάνουν υπόψη τις επιπτώσεις που αφορούν την κατανάλωση ενέργειας και το περιβάλλον καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του οχήματος, συμπεριλαμβανομένης της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών CO₂ και ορισμένων ρύπων, όταν προμηθεύονται ορισμένα οχήματα οδικών μεταφορών, με σκοπό την προώθηση και την τόνωση της αγοράς του τομέα των καθαρών και ενεργειακά αποδοτικών οχημάτων και τη βελτίωση της συμβολής του τομέα των μεταφορών στις πολιτικές της Ένωσης για το περιβάλλον, το κλίμα και την ενέργεια.

Στην Εικόνα 2.1 φαίνεται ο αριθμός των επιβατικών αυτοκινήτων ανά κατηγορία εκπομπών Euro καθώς και το ποσοστό που καταλαμβάνουν ανά κατηγορία για το έτος 2017 (IOBE 2019). Από την Εικόνα 2.1 προκύπτει ότι το ποσοστό κατηγορίας Euro 5&6 ανέρχεται μόλις στο 11,8%, δηλαδή λίγα οχήματα πληρούν τις προδιαγραφές εκπομπών ρύπων που ισχύουν σήμερα.



Εικόνα 2.1: Στόλος ανά κατηγορία Euro, Ελλάδα 2017

2.3 Εκπομπές CO₂

Τα πρότυπα Euro δεν καθορίζουν όρια εκπομπών CO₂. Ωστόσο το Πρωτόκολλο του Κιότο καθορίζει μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα σε όλους τους τομείς οικονομικής δραστηριότητας. Η Οδηγία 1999/94/ΕΚ θεσμοθέτησε την υποχρέωση των αυτοκινητοβιομηχανιών να ενημερώνουν το κοινό για την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές CO₂. Η Οδηγία 443/2009/ΕΕ έθεσε ως στόχο την εκπομπή 130 gr CO₂ ανά χιλιόμετρο (την περίοδο 2012-2015 ο στόχος υλοποιήθηκε). Η Οδηγία 2019/631/ΕΕ θέτει ως στόχο, από την 1η Ιανουαρίου 2020, οι μέσες εκπομπές CO₂ των καινούργιων επιβατικών αυτοκινήτων να είναι 95 g/km για το σύνολο του στόλου οχημάτων της ΕΕ.

3. Κύκλοι Οδήγησης

Οι κύκλοι οδήγησης είναι μοντέλα που αναπαριστούν την οδική συμπεριφορά του αυτοκινήτου στο δρόμο και βοηθούν στην εκτίμηση της μόλυνσης που προκαλούν. Οι κύκλοι οδήγησης είναι στην ουσία ένα διάγραμμα ταχύτητας – χρόνου. Πρόκειται λοιπόν, για μια τυποποιημένη συνάρτηση μιας σειράς δεδομένων της ταχύτητας ενός οχήματος με το χρόνο, σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα.

Οι κύκλοι οδήγησης ταξινομούνται σε δύο κύριες κατηγορίες, ανάλογα με την χρήση που προορίζονται και τα δεδομένα από τα οποία προήλθαν (Barlow, et al. 2009):

- **Θεσμοθετημένοι κύκλοι οδήγησης (Legislative Driving Cycles)**, σε αυτήν τη κατηγορία ανήκουν οι κύκλοι που χρησιμοποιούνται από την αρμόδια υπηρεσίες για την έγκριση τύπου. Τέτοιοι κύκλοι οδήγησης είναι ο FTP-75 στις Η.Π.Α, ο Νέος Ευρωπαϊκός Κύκλος Οδήγησης (NEDC) στην Ευρώπη και ο Japan 10-15 mode στην Ιαπωνία.
- **Κύκλοι οδήγησης πραγματικών συνθηκών (RealWorld Driving Cycles)**, Οι κύκλοι που ανήκουν σε αυτήν τη κατηγορία παλαιότερα προορίζονταν μόνο για ερευνητικούς σκοπούς, ενώ σήμερα χρησιμοποιούνται και στην διαδικασία έγκρισης τύπου. Τα δεδομένα που συλλέγονται για την δημιουργία αυτών των κύκλων είναι από πραγματικές συνθήκες κίνησης, που ακολούθως υφίστανται στατιστική επεξεργασία.

Μια δεύτερη ταξινόμηση των κύκλων οδήγησης γίνεται ανάλογα με την μορφή και τον τρόπο που κατασκευάζονται, (Tzirakis, Kyriakidis and Zannikos 2008):

- **Modal** ονομάζονται οι κύκλοι που προέρχονται από σταθερές επιταχύνσεις, επιβραδύνσεις και ταχύτητες κίνησης.
- **Transient driving cycles ή realworldcycles** χαρακτηρίζονται οι κύκλοι που κατασκευάζονται με βάση πρότυπα πραγματικών καταγραφών κίνησης, δηλαδή με μη σταθερές ταχύτητες, επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις.

Πολλά μοντέλα έχουν αναπτυχθεί ανά τον κόσμο για την εκτίμηση εκπομπών ρύπων και κατανάλωσης καυσίμου. Για την ανάπτυξη ενός κύκλου οδήγησης απαιτούνται τέσσερα κύρια βήματα: 1. Η επιλογή της διαδρομής, 2. Συλλογή δεδομένων, 3. Η κατασκευή του κύκλου και 4. Η αξιολόγηση του κύκλου οδήγησης (Galgamuwa, Perera and Bandara 2015).

3.1 Επιλογή διαδρομής

Η επιλογή διαδρομής είναι μία από τις σημαντικότερες πτυχές στην ανάπτυξη κύκλων οδήγησης. Εάν οι επιλεγμένες διαδρομές δεν είναι αντιπροσωπευτικές του πραγματικού οδικού δικτύου και της συνηθισμένης συμπεριφοράς κίνησης σε αυτήν την περιοχή, τότε τα δεδομένα που συλλέγονται θα είναι μεροληπτικά, επομένως τα αποτελέσματα που λαμβάνονται από τον κύκλο οδήγησης θα υποδηλώνουν απόκλιση από την πραγματική κατάσταση. Οι επιλεγμένες διαδρομές θα πρέπει να αντιπροσωπεύουν καλύτερα το πραγματικό δίκτυο και τις τυπικές συνθήκες κυκλοφοριακής ροής που επηρεάζονται από χωρικές ή χρονικές συνθήκες όπως η χρήση γης, ο τύπος δρόμου, η τοπογραφία, η διαθεσιμότητα σηματοδοτημένων διασταυρώσεων και η πυκνότητα πληθυσμού σε αυτήν την περιοχή.

Επιπλέον, στην επιλογή διαδρομής για την ανάπτυξη ενός κύκλου οδήγησης, είτε για μέτρηση εκπομπών είτε για εκτίμηση της κατανάλωσης καυσίμου, είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη και η κλίση του δρόμου, επειδή έχει αντίκτυπο στην κατανάλωση καυσίμου ακόμα και στην κλίμακα μικρομέτρων. Επιπλέον, σε περιφερειακή βάση, είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψη και η καιρική κατάσταση σε κάθε επιλεγμένη διαδρομή. Η μικρο υφή των διαδρομών, το υψόμετρο και η θερμοκρασία είναι επίσης συντελεστές για τον καθορισμό των επιπέδων εκπομπών. Συμπερασματικά, οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατασκευή ενός κύκλου οδήγησης, ώστε να ανταποκρίνεται στις πραγματικές συνθήκες είναι πολυποίκιλοι. Θα μπορούσε να λεχθεί ότι η κατασκευή ενός κύκλου οδήγησης είναι μια υποκειμενική διαδικασία που έχει να κάνει με τον λόγο που δημιουργείται.

3.2 Συλλογή Δεδομένων

Όπως και σε κάθε άλλο τύπο έρευνας, η συλλογή δεδομένων αποτελεί ζήτημα ζωτικής σημασίας, επειδή επηρεάζει άμεσα τα παραγόμενα αποτελέσματα ως προς την αξιοπιστία, την αντιπροσωπευτικότητα, την ομοιογένεια και τη συνέπειά τους. Όσον αφορά την συλλογή δεδομένων για την δημιουργία κύκλων οδήγησης η βιβλιογραφία αναφέρει δύο βασικές μεθόδους: την μέθοδο «chase car» και την «onboard». Επίσης μπορούν να συλλεχθούν δεδομένα με την χρήση και τον δύο μεθόδων, υβριδική μέθοδος. Η μέθοδος «chase car» μιμείται την οδική συμπεριφορά ενός οχήματος- στόχου που επιλέγεται από τον πληθυσμό και καταγράφει δεδομένα ταχύτητας και επιτάχυνσης. Στην μέθοδο «onboard» χρησιμοποιούνται ειδικά εξοπλισμένα οχήματα (πχ PEMS).

3.2.1 Μέθοδος Chase Car

Η βιβλιογραφία δείχνει σαφώς ότι η μέθοδος chase car είναι μια από τις δημοφιλείς μεθόδους συλλογής δεδομένων για την κατασκευή κύκλου οδήγησης σε όλο τον κόσμο. Σε αυτήν τη μέθοδο, χρησιμοποιείται ένα όχημα με όργανα που μπορούν να μετρούν ταχύτητα κάθε δευτερόλεπτο, για να κυνηγήσει ένα όχημα-στόχο σε μια προκαθορισμένη διαδρομή (-ες) εντός μιας περιοχής ενδιαφέροντος. Ευθύνη των οδηγών είναι να μιμούνται την οδηγική συμπεριφορά του οχήματος-στόχου. Το βασικότερο πλεονέκτημα της μεθόδου chase car είναι ότι απαιτεί λιγότερους πόρους και είναι πιο οικονομικό από την μέθοδο onboard. Λόγω κόστους και η Μανίλα υιοθέτησε αυτή τη μέθοδο συλλογής δεδομένων κατά την δημιουργία του κύκλου οδήγησης της, αλλά χρησιμοποίησε μικρό δείγμα. Το βασικότερο μειονέκτημα της μεθόδου είναι η δυσκολία η μίμηση της οδικής συμπεριφοράς άλλου οχήματος, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις επιθετικής οδήγησης.

3.2.2 Μέθοδος μέτρησης On Board

Σε αυτή την μέθοδο, ένα όργανο που καταγράφει την ταχύτητα ανά δευτερόλεπτο, εγκαθίσταται σε επιλεγμένα οχήματα, τα οποία κυκλοφορούν σε επιλεγμένες διαδρομές. Σε αυτή τη μέθοδο παίζει πολύ σημαντικό ρόλο η επιλογή της διαδρομής. Αν ακολουθηθούν τυχαίες διαδρομές το μέγεθος δειγματοληψίας είναι πολύ μεγάλο, όπως στον κύκλο ARTEMIS. Για την δημιουργία του κύκλου αυτού χρησιμοποιήθηκαν 77 οχήματα, με καταγραφές δεδομένων για 2200 ώρες μέσα σε 5,5 χρόνια, (Andre 2004). Στη διαδικασία λήφθηκε υπόψη η χρήση των οχημάτων καθώς και οι συνθήκες λειτουργίας τους.

Οι(Galgamuwa, Perera και Bandara 2015)επισημαίνουν ότι αυτή η μέθοδος συλλογής δεδομένων είναι κατάλληλη για χώρες όπου η συμπεριφορά οδήγησης είναι ακανόνιστη

και επιθετική. Επίσης, η μέθοδος είναι κατάλληλη για χώρες που διαθέτουν βάσεις δεδομένων σχετικά με την κυκλοφορία και μπορούν να επιλέγουν με ακρίβεια τις διαδρομές αναφοράς. Στη μέθοδο onboard οι διαδρομές δεν επιλεγούν προσεχτικά, τα αποτελέσματα παρουσιάζουν μεγάλη απόκλιση από την πραγματικότητα, σε αντίθεση με τη μέθοδο chase car.

Σε σύγκριση με τους κύκλους οδήγησης ARTHEMIS και CUEDC, τα απαιτούμενα μεγέθη δείγματος για τη μέθοδο onboard είναι μικρότερα και εάν οι διαδρομές επιλεγούν με ακρίβεια μπορεί να διατηρηθεί, η αντιπροσωπευτικότητα με το ελάχιστο μέγεθος δείγματος. Ενώ η μέθοδος onboard είναι πιο ακριβή από την chase car, τελικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί οικονομικά διότι δεν απαιτεί μεγάλο μέγεθος δειγματοληψίας.

3.3 Κατασκευή του κύκλου οδήγησης

Η μέθοδος κατασκευής ενός κύκλου οδήγησης ποικίλει, ανάλογα με τον σκοπό για τον οποίο προορίζεται. Δηλαδή αν προορίζεται για εκτίμηση κατανάλωσης καυσίμου ή εκτίμηση εκπομπών ρύπων ή για σκοπούς που αφορούν την διαχείριση της κυκλοφορίας. Κάθε μέθοδος κατασκευής κύκλων έχει μοναδικά χαρακτηριστικά που ανταποκρίνονται στον σκοπό της δημιουργίας του κύκλου. Για παράδειγμα αν η εκπόνηση του κύκλου οδήγησης αφορά την εκτίμηση εκπομπών και κατανάλωσης καυσίμου, σε μια χώρα με ψυχρές κλιματολογικές συνθήκες είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη η εκκίνηση με κρύο κινητήρα. Από την άλλη αν ο κύκλος εξυπηρετεί την μελέτη διαχείρισης της κυκλοφορίας, ο κύκλος πρέπει να αντιπροσωπεύει ένα συγκεκριμένο πραγματικό σημείο στον δρόμο για δεδομένη ταχύτητα και χρόνο. Ως εκ τούτου ένας κύκλος που αναπτύχθηκε με σκοπό την μελέτη εκπομπών ρύπων δεν είναι κατάλληλος.

Οι πρώτοι κύκλοι οδήγησης που αναπτύχθηκαν στις ΗΠΑ, οι FTP72 και FTP75, επέλεξαν μια διαδρομή που να ταιριάζει καλύτερα στα συνολικά δεδομένα της έρευνας. Πολλές φορές όμως τα αποτελέσματα που εξάγονται με αυτόν τον τρόπο διαφέρουν με τα πραγματικά. Έπειτα από βελτιώσεις στον τρόπο κατασκευής των κύκλων οδήγησης αναπτύχθηκαν τέσσερις μέθοδοι κατασκευής: 1. Μέθοδος Microtrips 2. Τμηματική κατασκευή κύκλου-Segment based, 3. Μεταξινόμηση προτύπων –pattern classification, 4. Μέθοδος Modal (Dia, Eisinger and Niemeier 2008).

3.3.1 Μέθοδος Micro-trip

Η μέθοδος κατασκευής με μικρο-διαδρομές (micro-trips) μπορεί να οριστεί ως οδηγική δραστηριότητα μεταξύ διαδοχικών στάσεων, συμπεριλαμβανόμενης της περιόδου αδράνειας. Σε αυτή τη μέθοδο τα πραγματικά δεδομένα χωρίζονται σε μικρο-διαδρομές και ομαδοποιούνται ανάλογα με την μέση ταχύτητα. Ο κύκλος κατασκευάζεται χρησιμοποιώντας μικρο-διαδρομές που ικανοποιούν τις παραμέτρους που έχουν τεθεί ως στόχοι (π.χ. παράμετροι πληθυσμού). Για την επιλογή των μικρο διαδρομών υπάρχουν δύο κύριες μέθοδοι, η τυχαία επιλογή και η βέλτιστη σταδιακή μέθοδος ή και ο συνδυασμός και των δύο μεθόδων σε μια υβριδική.

Ο βασικός περιορισμός της μεθόδου αυτής είναι ότι οι μικρο-διαδρομές δεν μπορούν να διαφοροποιηθούν σε διάφορες συνθήκες οδήγησης, όπως είναι ο τύπος του δρόμου για

παράδειγμα. Έτσι οι κύκλοι οδήγησης που σχεδιάζονται με αυτόν τον τρόπο περιορίζονται σε έναν τύπο διαδρομής ή σε συνθήκες που αφορούν μια συγκεκριμένη περιοχή.

Στην περίπτωση που ο κύκλος αφορά την οδήγηση στην πόλη με κυκλοφοριακή συμφόρηση και πολλά «σταμάτα- ξεκίνα», η μέθοδος microtrip είναι κατάλληλη για την εκτίμηση κατανάλωσης καυσίμου και εκπομπών ρύπων. Είναι γνωστό ότι η οδήγηση μέσα στην πόλη με σήματα κυκλοφορίας και συχνές στάσεις είναι πιο δαπανηρή σε καύσιμα.

3.3.2 Τμηματική μέθοδος κατασκευής κύκλου οδήγησης -Segment based cycle construction

Η μέθοδος αυτή μοιάζει με την προηγούμενη των μικρο-διαδρομών, με την διαφορά ότι λαμβάνει υπόψη κι άλλες παραμέτρους, όπως τα φυσικά χαρακτηριστικά του δρόμου και την πραγματική κατάσταση κυκλοφορίας. Αφού ο διαχωρισμός των διαδρομών γίνεται με βάση τα «φυσικά» χαρακτηριστικά, δεν εξετάζει την ταχύτητα εκκίνησης ή λήξης. Αυτή η μέθοδος λοιπόν είναι κατάλληλη να χρησιμοποιηθεί για λόγους μελέτης της κυκλοφορίας, αλλά δεν είναι κατάλληλη για την μελέτη εκπομπών ρύπων και κατανάλωσης καυσίμου.

3.3.3 Pattern Classification

Σε αυτή τη μέθοδο η διαδρομή αναφοράς χωρίζεται σε διαφορετικές τάξεις με στατιστικές μεθόδους, οι οποίες ονομάζονται «κινηματικές ακολουθίες». Για την εκτίμηση της μελλοντικής ενέργειας που θα κάνει το όχημα επιλέγεται μια δραστηριότητα και ακολουθούν πιθανές επιλογές που θα ακολουθήσουν. Οι κύκλοι οδήγησης κατασκευάζονται με τυχαία επιλογή κινηματικής αλληλουχίας από κατηγορίες τμηματοποιημένης δραστηριότητας λαμβάνοντας υπόψη την πιθανότητα και τη χρονολογία κινηματικών αλληλουχιών. Μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι δεν σχετίζεται άμεσα με τις εκπομπές ρύπων. Ο ευρωπαϊκός κύκλος οδήγησης ARTEMIS κατασκευάστηκε με αυτή τη μέθοδο. Για αυτή τη μέθοδο απαιτείται η συλλογή μεγάλου όγκου δεδομένων, όμως παρέχει την δυνατότητα για την δημιουργία ενός αντιπροσωπευτικού κύκλου για μια περιοχή ή χώρα, που να ανταποκρίνεται στις πραγματικές συνθήκες κυκλοφορίας.

3.3.4 Μέθοδος κατασκευής Modal

Σε αυτή τη μέθοδο τα μοτίβα οδήγησης χωρίζονται σε : επιτάχυνση, επιβράδυνση, πλοήγηση με σταθερή ταχύτητα και παραμονή σε στάση με ρελαντί. Για την κατασκευή των κύκλων οδήγησης εδώ χρησιμοποιείται η θεωρία του Markov (Markov chain) η οποία υποθέτει ότι η πιθανότητα ενός γεγονότος να διαδεχτεί ένα άλλο γεγονός εξαρτάται μόνο από το τελευταίο κι όχι από τις προηγούμενες καταστάσεις.

Σύμφωνα με την θεωρία markov chain, κάθε μέτρηση χαρακτηρίζεται από μία τιμή ταχύτητας και μία τιμή επιτάχυνσης. Το σημείο θεωρείται ως μία κατάσταση. Μία κατάσταση $x_n (u_n, a_n)$, όπου u η ταχύτητα και a η επιτάχυνση, περιέχει όλες τις πληροφορίες που χρειάζονται για να προβλεφθεί η αμέσως επόμενη κατάσταση $x_{n+1} (u_{n+1}, a_{n+1})$. Δηλαδή οι παρελθοντικές καταστάσεις δεν έχουν επιρροή στην μετάβαση προς την μελλοντική, παρά μόνο η παρούσα, (Κυριάκος 2018).

Μία τέτοια διεργασία είναι στοχαστική και χρειάζεται έναν συνδυαστικό κρίκο που θα περιγράφει τις πιθανές μεταβάσεις. Από το σύνολο των δεδομένων που συλλέχθηκαν δημιουργείται ένας πίνακας πιθανών μεταβάσεων από μία κατάσταση στην επόμενη

(Transition Probability Matrix). Διαφορετικά προφίλ οδήγησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να καταρτίσουν διάφορους TPMs.

Η πιθανότητα μετάβασης από μία κατάσταση x_n σε μία x_{n+1} , είναι:

$$p_{ij} = P((X_{n+1} = j | X_n = i))$$

Με την χρήση του πίνακα αυτού, επιλέγεται η μετάβαση από μία κατάσταση-ταχύτητα σε αυτήν που είναι το πιθανότερο, βάσει των αρχικών δεδομένων, να ακολουθήσει. Έτσι ξεκινώντας από ένα σημείο ταχύτητας ένας κύκλος οδήγησης μπορεί να δημιουργηθεί μεταβαίνοντας μόνο από τις καταστάσεις που αντιπροσωπεύουν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τα δεδομένα που συλλέχθηκαν. Το προτέρημα αυτής της μεθόδου έναντι των microtrips, είναι εμφανές καθώς:

- απαιτεί λιγότερο χρόνο επεξεργασίας για την ανάπτυξη του κύκλου, εφόσον δημιουργείται μόνο ένας
- το αποτέλεσμα είναι περισσότερο αντιπροσωπευτικό γιατί δεν δημιουργούνται από αναδιάταξη των υπαρχόντων δεδομένων, απεναντίας κατασκευάζονται από την αρχή μέχρι το τέλος με τέτοιο τρόπο ώστε να εκπροσωπούν το πιο πιθανό σενάριο μετάβασης ταχυτήτων.

3.4 Αξιολόγηση κύκλου οδήγησης

Η αξιολόγηση του κύκλου οδήγησης είναι από α σημαντικότερα βήματα στην ανάπτυξη κύκλων για την διασφάλιση της αντιπροσωπευτικότητας και της αξιοπιστία του. Πολλές χώρες έχουν χρησιμοποιήσει πολλές και διάφορες μεθόδους και παραμέτρους για την αξιολόγηση των κύκλων τους. πολλές χώρες έχουν θεσπίσει από κοινού την Τιμή Απόδοσης (Performance Value_PV) για να αξιολογήσουν τους κύκλους τους.

Στα αρχικά στάδια της ανάπτυξης κύκλων οδήγησης, των FTP72 και FTP75, χρησιμοποιήθηκαν ως κριτήρια αξιολόγησης ο αριθμός των στάσεων ανά απόσταση, η μέση ταχύτητα και η μέγιστη ταχύτητα. Όμως οι πιο πρόσφατοι κύκλοι οδήγησης χρησιμοποιούν κάποιες κοινές κατηγορίες παραμέτρων, που είναι πιο σύνθετες και πιο ρεαλιστικές. Κάποιες από αυτές τις παραμέτρους είναι: μέγιστα και ελάχιστα, αναλογίες χρόνου, μέσους όρους και τυπικές αποκλίσεις, αλλά και πιο συγκεκριμένες παραμέτρους για εκπομπές όπως: Τετραγωνικός Μέσος Όρος Επιτάχυνσης (Root Mean Square Acceleration-RMS), ισχύς του οχήματος (Vehicle Power-PV), Θετική επιτάχυνση Κινητικής Ενέργειας (Positive acceleration Kinetic Energy-PKE). Ο Πίνακας 3-1 συνοψίζει τις κύριες στατιστικές κατηγορίες για την αξιολόγηση του κύκλου.

Πίνακας 3-1: Ευρέως χρησιμοποιούμενες παράμετροι που σχετίζονται με την κυκλοφορία για την αξιολόγηση ενός κύκλου οδήγησης

Υποκατηγορία	Παράμετρος συσχετισμού με την κυκλοφορία
Μέγιστα & Ελάχιστα	Ταχύτητα, επιτάχυνση, επιβράδυνση, ρυθμός επιτάχυνσης
Ποσοστά	Χρόνος αδράνειας, χρόνος επιτάχυνσης & επιβράδυνσης, χρόνος πορείας,
Μέσοι όροι	Μέση ταχύτητα, μέση επιτάχυνση &

	επιβράδυνση, μέσο διάρκεια μιας περιόδου οδήγησης, μέσος αριθμός αλλαγών επιβράδυνσης επιτάχυνσης εντός μιας περιόδου οδήγησης.
Τυπικές αποκλίσεις και εκατοστημόρια	Τυπική απόκλιση επιτάχυνσης και ταχύτητας, ταχύτητα στο 95° εκατοστημόριο, ρυθμός επιτάχυνσης/επιβράδυνσης στο 95° εκατ/ριο
Άλλες παράμετροι που σχετίζονται με τις εκπομπές	Τετραγωνικός Μέσος Όρος Επιτάχυνσης-RMS, Θετική επιτάχυνση Κινητικής Ενέργειας-PKE, Κατανομή πιθανότητας επιτάχυνσης ταχύτητας (SAPD) ή Κατανομή συχνότητας επιτάχυνσης ταχύτητας.

Η Κατανομή πιθανότητας επιτάχυνσης ταχύτητας (Speed Acceleration Probability Distribution- SAPD) ή Κατανομή συχνότητας επιτάχυνσης ταχύτητας (Speed Acceleration Frequency Distribution- SAFD) είναι ένας από τους κοινούς τρόπους αξιολόγησης των υποψηφίων κύκλων οδήγησης. Σε αυτήν την εκτίμηση δημιουργείται τρισδιάστατο γράφημα επιτάχυνση VΣταχύτητα VΣπιθανότητα.

3.5 Δυναμομετρική εξέδρα πλαισίου (chassis dynamometer)

Τα οχήματα ελαφράς κατηγορίας δοκιμάζονται συνήθως με την χρήση της δυναμομετρικής εξέδρας². Αυτή είναι μια συσκευή που απορροφά την κίνηση των τροχών και παρέχει την απαιτούμενη αντίσταση, ώστε να γίνει προσομοίωση πραγματικής οδήγησης, με ελεγχόμενες παραμέτρους και ασφάλεια. Η εξέδρα ουσιαστικά είναι ένα δυναμόμετρο, που επιτρέπει τη συλλογή πληθώρας δεδομένων, από τα οποία προκύπτουν συμπεράσματα για την κατανάλωση καυσίμου, τις εκπομπές ρύπων και την μέτρηση επιδόσεων.

Οι τροχοί του οχήματος πρέπει να βρίσκονται σε επαφή με τους κυλίνδρους της εξέδρας, των οποίων η περιστροφή είναι ελεγχόμενη και απορροφά την κίνηση των τροχών και παρέχει την απαιτούμενη αντίσταση για την προσομοίωση οδήγησης. Στη συνέχεια, το όχημα οδηγείται σύμφωνα με έναν προκαθορισμένο κύκλο οδήγησης.

Τα παραγόμενα καυσαέρια συλλέγονται κατά τη διάρκεια του κύκλου σύμφωνα με τη μέθοδο «Σταθερών Όγκων» (Constant Volume Sampling), αναλύονται, και στη συνέχεια εκφράζονται σε g/km για κάθε έναν από τους μετρούμενους ρύπους. Οι ποσότητες των εκπεμπόμενων ρύπων που μετρούνται, υπόκεινται στην επιρροή πολλών παραμέτρων, μεταξύ των οποίων παράγοντες που σχετίζονται με το όχημα, όπως το μοντέλο, το μέγεθος, ο τύπος καυσίμου, η τεχνολογία που διαθέτει και τα χιλιόμετρα που έχει διανύσει. Όπως επίσης, επηρεάζονται από λειτουργικούς παράγοντες, μερικοί από τους οποίους είναι, η ταχύτητα, την επιτάχυνση, η επιλογή σχέσεων ταχυτήτων και η κλίση του οδοστρώματος. Οπότε δεν είναι περίεργο που διαφορετικοί κύκλοι οδήγησης έχουν

² Ενώ οι εκπομπές ρύπων των οχημάτων βαριάς κατηγορίας, δοκιμάζονται συνήθως σε διάταξη κινητήρα.

αναπτυχθεί για διαφορετικούς τύπους οχημάτων. (αυτοκίνητα, βάν, φορτηγά, λεωφορεία και μοτοσυκλέτες).

3.6 Ισχύουσες Διαδικασίες Μέτρησης έγκρισης τύπου WLTP, RDE (προδιαγραφές διαδρομών)

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, μέσω των κανονισμών Euro, προσπαθεί να μειώσει τις εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων από τα οδικά οχήματα, μέσω της βελτίωσης της ποιότητας των καυσίμων και του καθορισμού ολοένα και πιο αυστηρών ορίων εκπομπών για τα νέα οχήματα. Αποδείχτηκε όμως ότι, κάποια από τα αυτοκίνητα που κυκλοφορούν σήμερα δεν τηρούν τις τιμές αυτές όταν κινούνται υπό πραγματικές συνθήκες οδήγησης, δηλαδή εκπέμπουν περισσότερους ρύπος από αυτούς που μετρήθηκαν στο εργαστήριο κατά την διαδικασία έγκρισης τύπου. Έτσι κρίθηκε απαραίτητο να θεσπιστεί μια διαδικασία δοκιμής των εκπομπών σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης (Real Driving Emissions – RDE), ώστε να περιοριστεί σημαντικά η απόκλιση μεταξύ των μετρήσεων των εκπομπών σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης και αυτών που πραγματοποιούνται σε εργαστήριο(Ευρωπαϊκή Επιτροπή 2017).

Μέχρι πρότινος για τη μέτρηση των εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων των οχημάτων πραγματοποιούνται μόνο εργαστηριακές δοκιμές. Ωστόσο, στην πραγματικότητα, για ρύπους όπως τα πολύ λεπτά σωματίδια και τα οξειδία του αζώτου, οι εκπομπές ορισμένων οχημάτων που μετρώνται κατά την οδήγηση στον δρόμο υπερβαίνουν σημαντικά τις εκπομπές που μετρώνται βάσει του ισχύοντος σήμερα κύκλου εργαστηριακής δοκιμής «Νέος Ευρωπαϊκός Κύκλος Οδήγησης» (New European Drive Cycle – NEDC).

Η Επιτροπή έχει θεσπίσει επίσης μια νέα, πιο ρεαλιστική διαδικασία εργαστηριακής δοκιμής —τη νέα παγκόσμια εναρμονισμένη διαδικασία δοκιμής ελαφρών οχημάτων (World Harmonised Light Vehicle Test Procedure – WLTP)— για τη μέτρηση των εκπομπών CO₂ και της κατανάλωσης καυσίμων από τα αυτοκίνητα και τα μικρά φορτηγά. Η WLTP είναι μια παγκοσμίως εναρμονισμένη διαδικασία δοκιμής, η οποία αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της Οικονομικής Επιτροπής των Ηνωμένων Εθνών για την Ευρώπη (ΟΕΕ/ΗΕ) με την υποστήριξη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Η WLTP αντικαθιστά τον Νέο Ευρωπαϊκό Κύκλο Οδήγησης (NEDC), ο οποίος δεν ανταποκρίνεται πλέον στις σημερινές συνθήκες οδήγησης ή στις τεχνολογίες των οχημάτων.

3.6.1 WLTP (Worldwide Harmonized Vehicle Test Procedure)-Παγκοσμίως Εναρμονισμένη Διαδικασία Δοκιμής Ελαφρών Οχημάτων

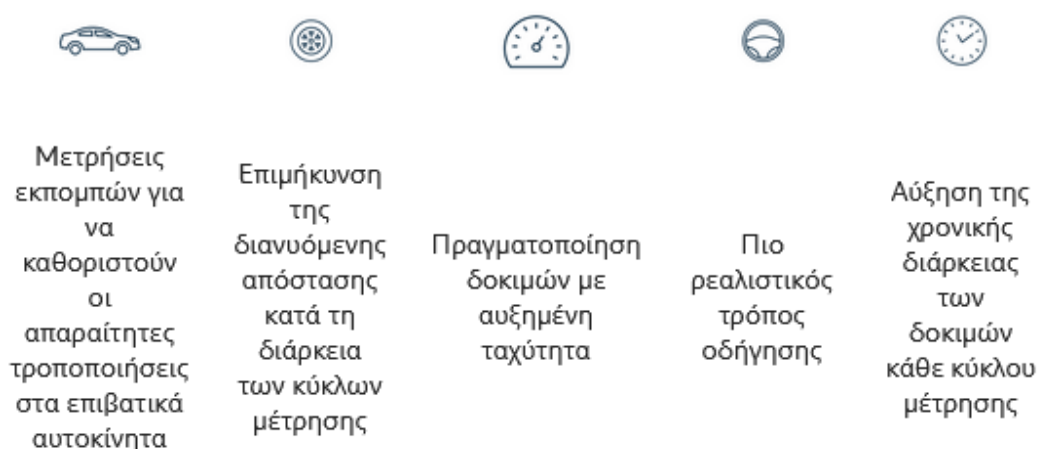
Το πρωτόκολλο WLTP αποτελεί την νέα κανονιστική διαδικασία δοκιμών για τη μέτρηση των εκπομπών CO₂ και την κατανάλωση καυσίμου ελαφρών οχημάτων υπό τυποποιημένες (εργαστηριακές) συνθήκες(PEUGEOTn.d.).

Το πρωτόκολλο WLTP αντικατέστησε την προηγούμενη διαδικασία δοκιμών για τη μέτρηση των εκπομπών CO₂ και την κατανάλωση καυσίμου ελαφρών οχημάτων (NEDC) που τέθηκε σε ισχύ το 1992. Από την 1^η Σεπτεμβρίου 2017, όλα τα νέα μοντέλα που διατίθενται στο εμπόριο για πρώτη φορά και από την 1^η Σεπτεμβρίου 2018 όλα τα οχήματα που πωλούνται, λαμβάνουν έγκριση τύπου σύμφωνα με το WLTP. Αυτό το νέο πρωτόκολλο εργαστηριακών

δοκιμών θα συμπληρωθεί από τη νέα διαδικασία μέτρησης εκπομπών ρύπων σε πραγματικές συνθήκες χρήσης RDE (Real Driving Emissions).

Το νέο πρωτόκολλο WLTP θα δώσει στους καταναλωτές τη δυνατότητα να έχουν ακριβέστερη εικόνα της κατανάλωσης καυσίμου και των εκπομπών CO₂ του οχήματός τους. Στην φαίνεται τι αλλάζει με το πρωτόκολλο WLTP σε σχέση με τον προηγούμενο κύκλο οδήγησης που χρησιμοποιούνταν στην Ευρώπη για την έγκριση τύπου, τον NEDC. Στον Πίνακα 3-2 και την Εικόνα 3.1, φαίνονται οι βασικές διαφορές του νέου προτύπου WLTP και του αμέσως προηγούμενου NEDC, (PEUGEOT n.d.).

Τροποποιήσεις τυποποιημένων διαδικασιών δοκιμών



Εικόνα 3.1: τι αλλάζει με το WLTP

Πίνακας 3-2: ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΤΩΝ ΔΥΟ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ NEDC VS WLTP

	NEDC	WLTP
Κύκλος δοκιμών	Ενιαίος κύκλος δοκιμών	Δυναμικός κύκλος, περισσότερο αντιπροσωπευτικός των πραγματικών συνθηκών οδήγησης
Διάρκεια κύκλου δοκιμών	20 λεπτά	30 λεπτά
Απόσταση κύκλου δοκιμών	11 χιλιόμετρα	23,25 χιλιόμετρα
Φάσεις οδήγησης	2 φάσεις που προσομοιάζουν την οδήγηση σε αστικό κύκλο κατά 66% και εκτός πόλης κατά 34%	4 φάσεις που προσομοιάζουν την οδήγηση σε αστικό κύκλο κατά 52% και εκτός πόλης κατά 48%
Μέση ωριαία ταχύτητα	34 χλμ/ώρα	46,5 χλμ/ώρα
Ανώτατη ταχύτητα	120 χλμ/ώρα	131 χλμ/ώρα
Επίδραση πρόσθετου εξοπλισμού	Το NEDC δεν λαμβάνει υπόψη του την επίδραση του πρόσθετου εξοπλισμού στις εκπομπές CO ₂ και την ενεργειακή απόδοση	Λαμβάνεται υπόψη ο πρόσθετος εξοπλισμός, ανάλογα με το μοντέλο
Αλλαγές ταχυτήτων	Προκαθορισμένες αλλαγές	Αλλαγές υπολογισμένες εκ

		των προτέρων, για κάθε όχημα ξεχωριστά
Θερμοκρασίες θαλάμου δοκιμών	Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται σε θερμοκρασίες μεταξύ 20° και 30°C	Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται σε θερμοκρασία 23 °C και η μέτρηση CO ₂ ανάγεται στους 14 °C

3.6.2 Real Driving Emissions – RDE

Στη διαδικασία δοκιμής των εκπομπών σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης (RDE), οι εκπομπές ρύπων (στους οποίους περιλαμβάνονται τα οξείδια του αζώτου και τα σωματίδια) μετρώνται με φορητά συστήματα μέτρησης των εκπομπών (PEMS) τα οποία συνδέονται στο αυτοκίνητο και καταγράφουν τις εκπομπές ενόσω το αυτοκίνητο κινείται σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης στον δρόμο. Αυτό σημαίνει ότι το αυτοκίνητο θα οδηγείται εκτός εργαστηρίου και σε πραγματικό δρόμο, ακολουθώντας τυχαίες παραλλαγές παραμέτρων όπως η επιτάχυνση, η επιβράδυνση, η θερμοκρασία περιβάλλοντος και το μεταφερόμενο φορτίο.

Η διαδικασία RDE δεν αντικαθιστά αλλά συμπληρώνει την εργαστηριακή δοκιμή, η οποία επίσης έχει βελτιωθεί για να αντικατοπτρίζει καλύτερα τις πραγματικές συνθήκες οδήγησης, ιδίως για να παρέχει ρεαλιστικότερα αποτελέσματα όσον αφορά τις εκπομπές CO₂ και την κατανάλωση καυσίμων.

Η διαδικασία RDE αναπτύχθηκε με τέσσερις χωριστές κανονιστικές πράξεις:

- **RDE, πράξη 1:** Το πρώτο βήμα ήταν να καθοριστεί η καθαυτή διαδικασία δοκιμής. Αυτή υπερψηφίστηκε από τα κράτη μέλη στο πλαίσιο της τεχνικής επιτροπής για τα μηχανοκίνητα οχήματα (TCMV) τον Μάιο του 2015 και τέθηκε σε ισχύ το 2016. Στην αρχική φάση, η οποία ξεκίνησε στις αρχές του 2016, η δοκιμή RDE πραγματοποιούνταν αποκλειστικά για λόγους παρακολούθησης, χωρίς αντίκτυπο στην πραγματική έγκριση τύπου, η οποία εξακολουθούσε να χορηγείται με βάση εργαστηριακές μετρήσεις.
- **RDE, πράξη 2:** Στο δεύτερο στάδιο ορίστηκε η σταδιακή εισαγωγή της δοκιμής RDE ως στοιχείου με πραγματικό αντίκτυπο στις εγκρίσεις τύπου που χορηγούν οι εθνικές αρχές. Στις 28 Οκτωβρίου 2015 τα κράτη μέλη, στο πλαίσιο της τεχνικής επιτροπής για τα μηχανοκίνητα οχήματα (TCMV), συμφώνησαν να καταστήσουν τις μετρήσεις των NO_x σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης υποχρεωτικές για όλα τα νέα μοντέλα αυτοκινήτων από τον Σεπτέμβριο του 2017 και για όλα τα νέα οχήματα από τον Σεπτέμβριο του 2019.
- **RDE, πράξη 3:** Ως τρίτο βήμα, στις 20 Δεκεμβρίου 2016 τα κράτη μέλη, στο πλαίσιο της TCMV, ενέκριναν την πρόταση της Επιτροπής να επεκταθεί η εφαρμογή της δοκιμής RDE κατά τρόπο ώστε να καλυφθούν οι εκπομπές αριθμού σωματιδίων (PN) για όλους τους νέους τύπους οχημάτων έως τον Σεπτέμβριο του 2017 και για όλα τα νέα οχήματα έως τον Σεπτέμβριο του 2018. Τα εν λόγω πολύ μικρά αλλά καρκινογόνα σωματίδια εκπέμπονται από τα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα, καθώς και από τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα με τεχνολογία άμεσης έγχυσης. Επιπλέον, στο

πλαίσιο της 3ης πράξης της RDE, η Επιτροπή βελτιστοποίησε τις μεθόδους δοκιμής κατά τρόπο ώστε να συνεκτιμάται το γεγονός ότι οι σύντομες διαδρομές εντός πόλης που ξεκινούν με κρύο κινητήρα προκαλούν την περισσότερη αστική ρύπανση. Συναφώς και προκειμένου να καλυφθεί ευρύτερο φάσμα συνθηκών, θα συμπεριληφθούν πλέον και εκκινήσεις με θερμό κινητήρα. Επιπρόσθετα, η πράξη αυτή προβλέπει επίσης ότι οι επιδόσεις των αυτοκινήτων ως προς τις εκπομπές σε πραγματικές συνθήκες θα πρέπει να δηλώνονται σαφώς από τον κατασκευαστή στο πιστοποιητικό συμμόρφωσης κάθε οχήματος, δηλαδή ότι θα πρέπει να είναι διαφανείς και διαθέσιμες σε όλους τους πολίτες και τις δημόσιες αρχές.

- **RDE, πράξη 4:** Η Επιτροπή σχεδιάζει επιπλέον να υποβάλει, εντός των προσεχών μηνών, πρόταση για την περαιτέρω βελτίωση της νομοθεσίας για την RDE, με την προσθήκη της δυνατότητας διενέργειας ανεξάρτητων δοκιμών από τρίτα μέρη για τον έλεγχο των αυτοκινήτων που βρίσκονται ήδη σε κυκλοφορία (δοκιμή «συμμόρφωσης εν χρήσει»), τη θέσπιση νέων και πιο αντιπροσωπευτικών μεθόδων δοκιμής των υβριδικών οχημάτων, και την προσαρμογή των διατάξεων για ορισμένους ειδικούς τύπους οχημάτων.

Σε αντίθεση με ό,τι ισχύει σε έναν προκαθορισμένο κύκλο εργαστηριακής δοκιμής, τα εγγενή χαρακτηριστικά των συσκευών μέτρησης PEMS που χρησιμοποιούνται στις δοκιμές RDE συνεπάγονται υψηλότερες διακυμάνσεις και μεγαλύτερο εύρος αποτελεσμάτων των ποσοτικών μετρήσεων που πραγματοποιούνται σε διαφορετικές διαδρομές RDE. Επομένως, σε περίπτωση που δεν ληφθούν δεόντως υπόψη οι τεχνικές και στατιστικές αβεβαιότητες των μετρήσεων των εκπομπών σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης, συντρέχει ο κίνδυνος οχήματα που στην πραγματικότητα συμμορφώνονται με τα πρότυπα να αποτύχουν σε μεμονωμένη δοκιμή RDE ή οχήματα που στην πραγματικότητα δεν συμμορφώνονται να περάσουν με επιτυχία τη δοκιμή.

Η έννοια του συντελεστή συμμόρφωσης (CF) βοηθά στην επίλυση αυτού του προβλήματος. Με τη χρήση συντελεστή συμμόρφωσης, κρίσιμη καθίσταται η μέση συμμόρφωση του οχήματος με τα όρια εκπομπών. Για παράδειγμα, μπορεί να υπάρξει υπέρβαση των κανονιστικών ορίων εκπομπών κατά την ανάβαση σε ανηφόρα μεγάλης κλίσης, η οποία πρέπει, στη συνέχεια, να αντισταθμιστεί από εκπομπές χαμηλότερες των κανονιστικών ορίων σε διαφορετικές συνθήκες, όπως σε συνθήκες ήπιας οδήγησης στην πόλη, ούτως ώστε οι μέσες τιμές εκπομπών, όταν σταθμίζονται αυτές οι συνθήκες βάσει της στατιστικής πιθανότητας εμφάνισής τους, να μην υπερβαίνουν τα όρια.

4. Διερεύνηση και ανάλυση των θεσμοθετημένων Κύκλων Οδήγησης

4.1 ΕΥΡΩΠΗ

NEDC

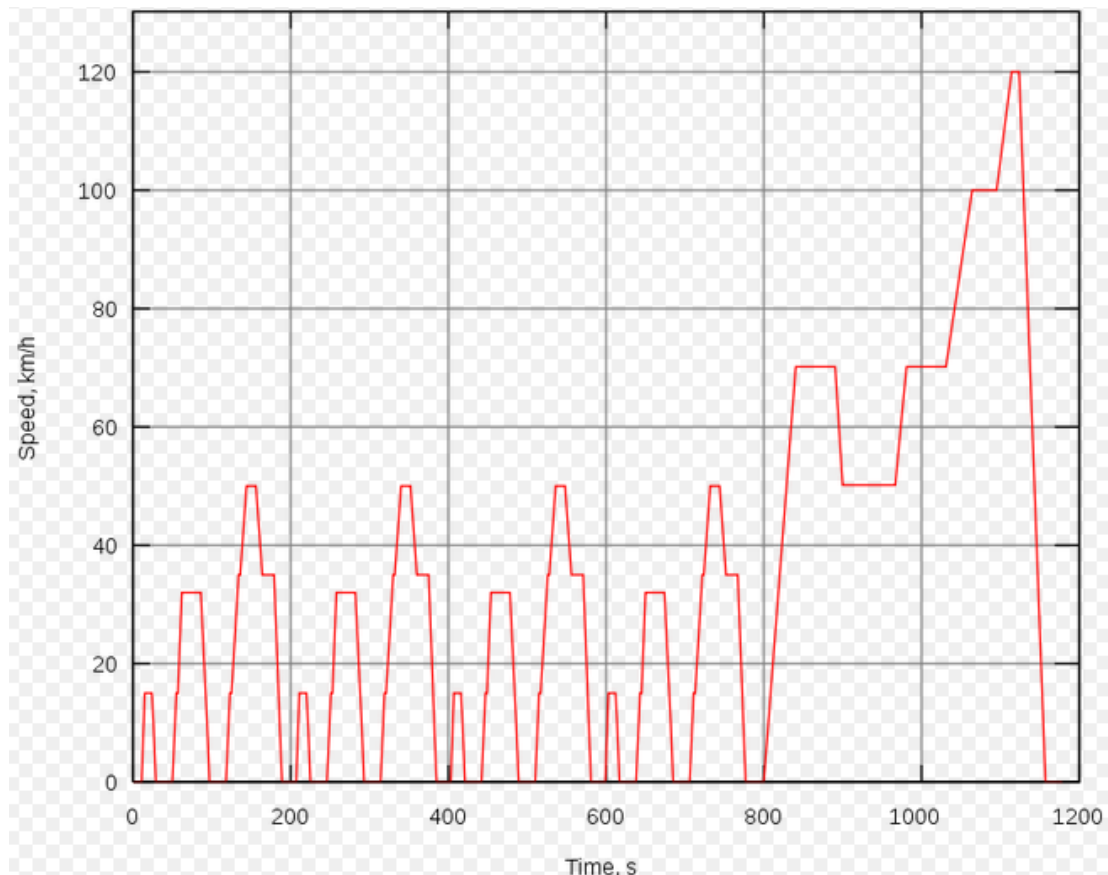
ONEDC (NewEuropeanDrivingCycle), είναι ένας κύκλος οδήγησης που σχεδιάστηκε για τον υπολογισμό των εκπομπών ρύπων των κινητήρων αυτοκινήτων και την οικονομία καυσίμου στα επιβατικά αυτοκίνητα (με εξαίρεση τα ελαφρά φορτηγά και τα επαγγελματικά οχήματα). Η τελευταία ενημέρωσή του έγινε το 1997. Ο κύκλος αυτός αποτελείται από τέσσερις επαναλαμβανόμενους κύκλους αστικής οδήγησης (ECE-15) και ένα κύκλο οδήγησης εκτός πόλης (EUDC).

Παρόλο που σχεδιάστηκε για οχήματα με βενζίνη, η χρήση του επεκτάθηκε και σε οχήματα ντίζελ, αλλά και για την εκτίμηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και του εύρους οδήγησης υβριδικών και ηλεκτρικών οχημάτων.

Η διαδικασία διεξαγωγής του NEDC είναι η εξής:

Ο κύκλος πρέπει να εκτελείται σε ψυχρό όχημα στους 20–30 ° C (συνήθως λειτουργεί στους 25 ° C).

Οι κύκλοι μπορούν να πραγματοποιηθούν σε επίπεδο δρόμο, ελλείψει ανέμου. Ωστόσο, για να βελτιωθεί η επαναληψιμότητα, εκτελούνται γενικά σε δυναμομετρική εξέδρα (chassis dynamometer). Αυτός ο τύπος εξέδρας είναι εξοπλισμένος με μια ηλεκτρική μηχανή που μιμείται την αντίσταση λόγω της αεροδυναμικής έλξης και της μάζας του οχήματος (αδράνεια), (περισσότερα στην επόμενη παράγραφο). Η δοκιμή λαμβάνει χώρα με όλα τα πρόσθετα συστήματα απενεργοποιημένα (π.χ. air condition, φώτα, θερμαινόμενο πίσω τζάμι, κ.α.). Στην Εικόνα 4.1 φαίνεται ο NEDC που αποτελείται από 4 επαναλήψεις ECE-15 (0-780s) και μια φορά τον κύκλο EUDC (780-1180s) (wikipedia 2020).



Εικόνα 4.1: Οκύκλος οδήγησης NEDC.

Ο Αστικός κύκλος οδήγησης (ECE-15 ή UDC_Urban driving Cycle)

Ο κύκλος αυτός εισήχθη το 1970, ως μέρος των κανονισμών αυτοκινήτων που θέσπισε η Οικονομική Επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών για την Ευρώπη («ΟΕΕ/ΗΕ»)[United Nations Economic Commission for Europe (ECE)]. Η πιο πρόσφατη έκδοση του κανονισμού είναι τα ECER83, R84 και R101.

Ο κύκλος σχεδιάστηκε για να αντιπροσωπεύει τις τυπικές συνθήκες οδήγησης των πολυσύχναστων πόλεων της Ευρώπης και χαρακτηρίζεται από χαμηλό φορτίο κινήρα, χαμηλή θερμοκρασία καυσαερίων και μέγιστη ταχύτητα 50 km/h.

Όταν ξεκινήσει η μηχανή, το όχημα σταματάει για 11s(αν διαθέτει μηχανικό/χειροκίνητο κιβώτιο ταχυτήτων τα 6 s είναι με «νεκρά ταχύτητα» με πατημένο συμπλέκτη και 5s με «πρώτη ταχύτητα» και τον συμπλέκτη ελεύθερο). Ακολουθεί αργή επιτάχυνση, ώστε να φθάσει στα 15 km/h σε 4 s και διατήρηση σταθερής ταχύτητας για 8 s. Έπειτα φρενάρει μέχρι να ακινητοποιηθεί εντός 5 s και παραμένει σταματημένο για 21s.

Στα 49s, το όχημα επιταχύνει στα 32 km/h σε 12 s, κάνει πορεία με σταθερή ταχύτητα για 24s και φρενάρει μέχρι ακινητοποίησως σε 11s, σταματάει για 21s.

Στα 117s, το όχημα επιταχύνει στα 50 km/h σε 26 s, κινείται σταθερά για 12s, επιβραδύνει στα 35 km/h σε 8 s, διατηρεί σταθερή ταχύτητα για 13s και φρενάρει μέχρι να σταματήσει μέσα σε 12 δευτερόλεπτα, όπου και παραμένει ακινητοποιημένο για 7s.

Ο κύκλος τελειώνει στα 195s μετά από απόσταση 994,03 μέτρα και επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω για 3 ακόμα φορές. Η συνολική διάρκεια της δοκιμής είναι 13 λεπτά και η απόσταση είναι 3976,1 μέτρα, με μέση ταχύτητα τα 18,35 km/h.

Κύκλος οδήγησης εκτός πόλης_ *Extra-Urban Driving Cycle EUDC*

Ο Κύκλος Οδήγησης EUDC, που παρουσιάστηκε από το ECE R101 το 1990, σχεδιάστηκε για να αντιπροσωπεύει πιο επιθετικούς τρόπους οδήγησης, υψηλής ταχύτητας. Η μέγιστη ταχύτητα του κύκλου EUDC είναι 120 km/h. Τα οχήματα χαμηλής ισχύος περιορίζονται στα 90 km/h.

Μετά από στάση 20 δευτερολέπτων, ακολουθεί επιτάχυνση στα 70 km/h σε 41 s. Διατηρεί σταθερή ταχύτητα για 50s και μετά επιβραδύνει στα 50 km/h σε 8 s, ταχύτητα την οποία διατηρεί για 69s. Ακολουθεί επιτάχυνση στα 70 km/h σε 13 s.

Στο 201 δευτερόλεπτο, το όχημα κινείται με 70 km/h για 50 s και επιταχύνει στα 100 km/h για 35 s και συνεχίζει με αυτή την ταχύτητα για 30 δευτερόλεπτα.

Τέλος στο 316 s, το όχημα επιταχύνει στα 120 km/h σε 20 s και κινείται με αυτή την ταχύτητα για 10 δευτερόλεπτα. Έπειτα επιβραδύνει μέχρι να σταματήσει εντός 20 δευτερολέπτων.

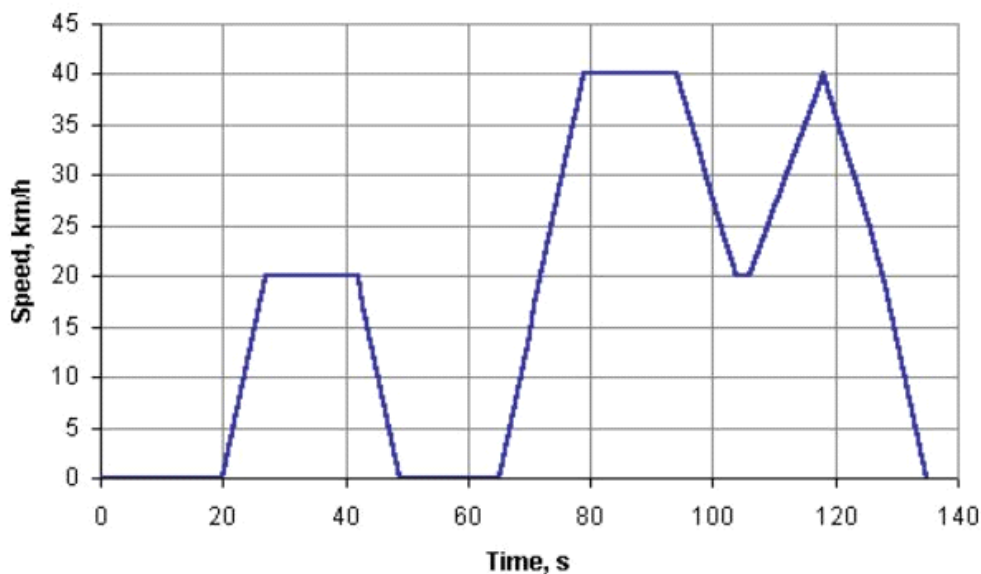
Η συνολική διάρκεια είναι 6 λεπτά και 40 δευτερόλεπτα και η απόσταση που έχει καλυφθεί είναι 6956 μέτρα, με μέση ταχύτητα τα 62,6km/h.

4.2 ΙΑΠΩΝΙΑ

Στην Ιαπωνία έχουν αναπτυχθεί τρεις κύκλοι οδήγησης για οχήματα ελαφρού τύπου, ο 10 mode, 10-15 mode και τέλος ο JC08 κύκλος. Στις παρακάτω παραγράφους θα αναλυθούν αυτοί οι κύκλοι.

4.2.1 Ιαπωνικός κύκλος 10 mode

Ο κύκλος οδήγησης 10mode ήταν ο πρώτος κύκλος οδήγησης που εφαρμόστηκε στην Ιαπωνία. Χρησιμοποιούταν για πιστοποίηση εκπομπών ελαφρών οχημάτων. Ο κύκλος προσομοιώνει συνθήκες οδήγησης πόλης, ξεκινά με ένα ζέσταμα 15λεπτο στα 40 km/h, όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.2, και το ίδιο μοτίβο επαναλαμβάνεται άλλες έξι φορές, (dieselnet 2000).

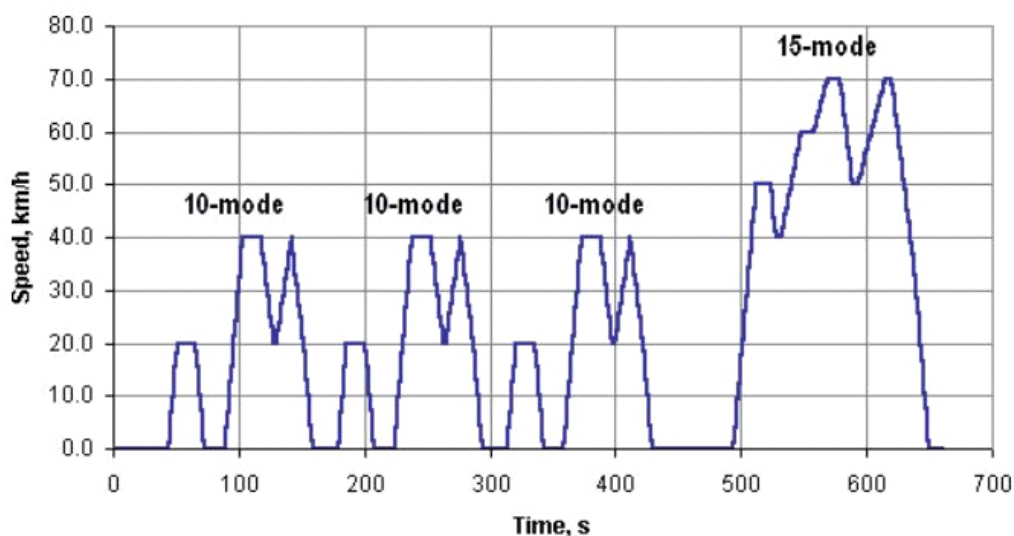


Εικόνα 4.2: Κύκλος οδήγησης 10 mode

Το κάθε κομμάτι του κύκλου 10 mode καλύπτει μια απόσταση 0,664 km/h, με μέση ταχύτητα 17,7 km/h, μέγιστη ταχύτητα 40km/h και διαρκεί 135s. Οι μετρήσεις των εκπομπών καταγράφονται για τις τελευταίες πέντε επαναλήψεις, οπότε και οι μετρήσεις αντιπροσωπεύουν μια διαδρομή των 3,32 km που διαρκεί 675s. Οι μετρήσεις των εκπομπών εκφράζονται σε g/km.

4.2.2 Ιαπωνικός κύκλος 10-15 mode

Ο κύκλος 10-15 mode χρησιμοποιήθηκε στην Ιαπωνία από το 2008 έως το 2011, όπου και αντικαταστάθηκε από τον νεότερο κύκλο JC08. Ο κύκλος 10-15mode δημιουργείται από τον κύκλο 10 mode προσθέτοντας ένα τμήμα με μέγιστη ταχύτητα 70km/h, Εικόνα 4.3 (dieselnet, Japanese 10-15 Mode 2013).

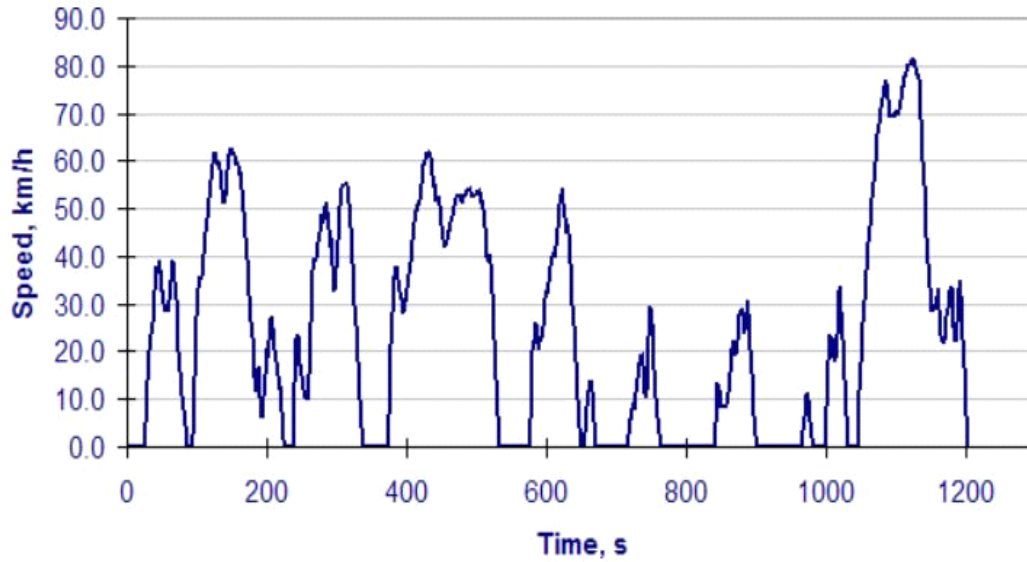


Εικόνα 4.3: Κύκλος οδήγησης 10-15 mode

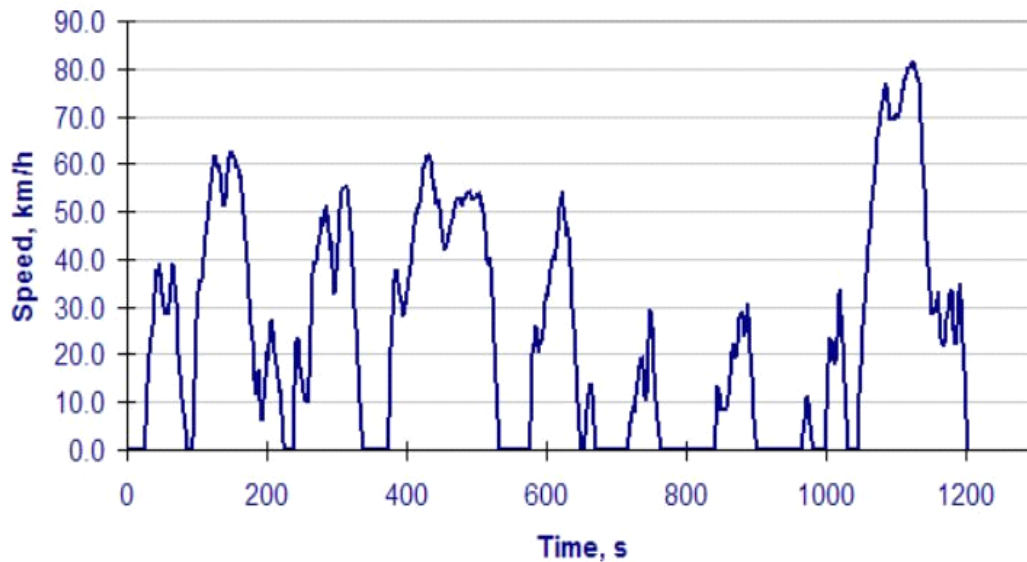
4.2.3 Ιαπωνικός κύκλος JC08

Ο κύκλος οδήγησης JC08 αφορά ελαφρά οχήματα και προσομοιώνει την οδήγηση με κυκλοφοριακή συμφόρηση, περιλαμβάνοντας στάσεις στο ρελαντί και συχνά εναλλασσόμενες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις. Η μέτρηση καταγράφεται δύο φορές, μία με εκκίνηση με ψυχρό κινητήρα και μία με ζεστό. Οι δοκιμές έχουν σκοπό τη μέτρηση των εκπομπών και τον προσδιορισμό της οικονομίας του καυσίμου και για βενζινοκίνητα και για πετρελαιοκίνητα οχήματα, (dieselnet, JapaneseJC08 Cyclen.d.).

Ένας κύκλος οδήγησης JC08 (



Εικόνα 4.4) διαρκεί συνολικά 1204s και αντιπροσωπεύει την απόσταση των 8,171 km, μέση ταχύτητα της διαδρομής υπολογίζεται, μαζί με το ρελαντί στα 24,4 km/h, ενώ χωρίς στα 34,8km/h και μέγιστη ταχύτητα 81,6 km/h.



Εικόνα 4.4: Κύκλος οδήγησης JC08

4.3 ΑΜΕΡΙΚΗ

Στις ΗΠΑ έχουν αναπτυχθεί εννέα κύκλοι οδήγησης οι FTP-72, FTP-75, SFTP-US06, SFTP-SC03, EPA New York City Cycle (NYCC), EPA Highway Fuel Economy Test Cycle (HWFET),

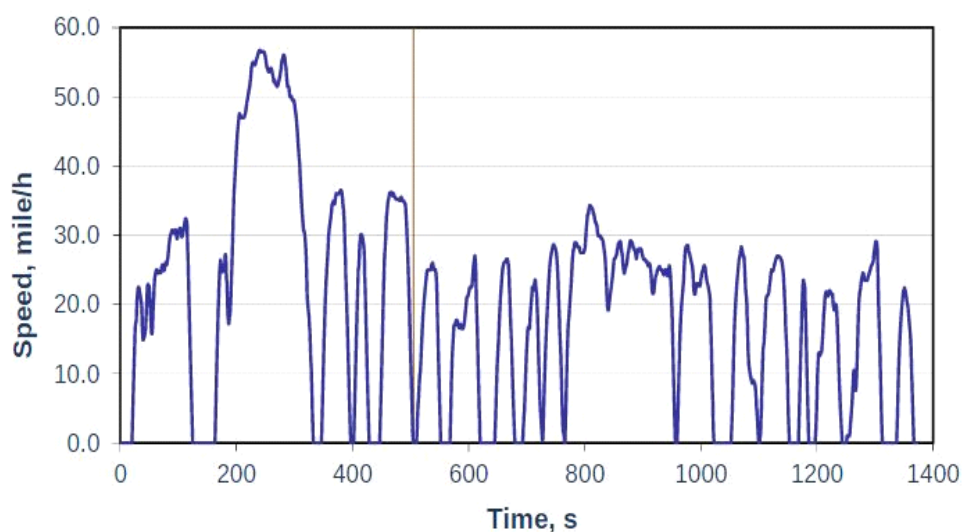
California Unified Cycle (UC), Inspection & Maintenance Driving Cycle IM240 και Standard Road Cycle (SRC) and Standard Bench Cycle (SBC) για οχήματα ελαφρού τύπου.

4.3.1 Κύκλος οδήγησης FTP-72

Ο κύκλος FTP-72, ή Urban Dynamometer (UDDS), ή αλλιώς LA-4, δεν πρέπει να συγχέεται με το πρόγραμμα (UDDS) που αφορά βαρέα οχήματα, (dieselnet, FTP-72 (UDDS) 2014).

Σε αυτό τον κύκλο αναπαρίσταται μια διαδρομή μέσα στην πόλη με συχνές στάσεις, απόστασης 12,07 km, με μέγιστη ταχύτητα 56,7mph (=91,25 km/h) και μέση ταχύτητα 19,6 mph (= 31,5 km/h).

Ο FTP-72 συνιστάται από δύο μέρη. Το πρώτο μέρος διαρκεί 505s, απόστασης 5,78 km με μέση ταχύτητα τα 41,2 km/h και το δεύτερο μέρος διάρκειας 867s, και στο πρώτο και στο δεύτερο μέρος εφαρμόζονται συντελεστές στάθμισης 0,43 και 0,57 αντίστοιχα, καθώς οι εκπομπές μετριοούνται σε g/μίλι ή g/km. Το πρώτο μέρος του κύκλου ξεκινά εν ψυχρώ. Στην Εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται η ταχύτητα του οχήματος κατά τη δοκιμή FTP-72. Ο ίδιος κύκλος στην Αυστραλία αναφέρεται ως ADR27 (Australian Design Rules) και στην Σουηδία ως A10 ή CVS (Constant Volume Sampler), με τη διαφορά ότι ο Σουηδικός κύκλος έχει τον ίδιο συντελεστή στάθμισης και στις δύο φάσεις.



Εικόνα 4.5: Κύκλος Οδήγησης FTP-72

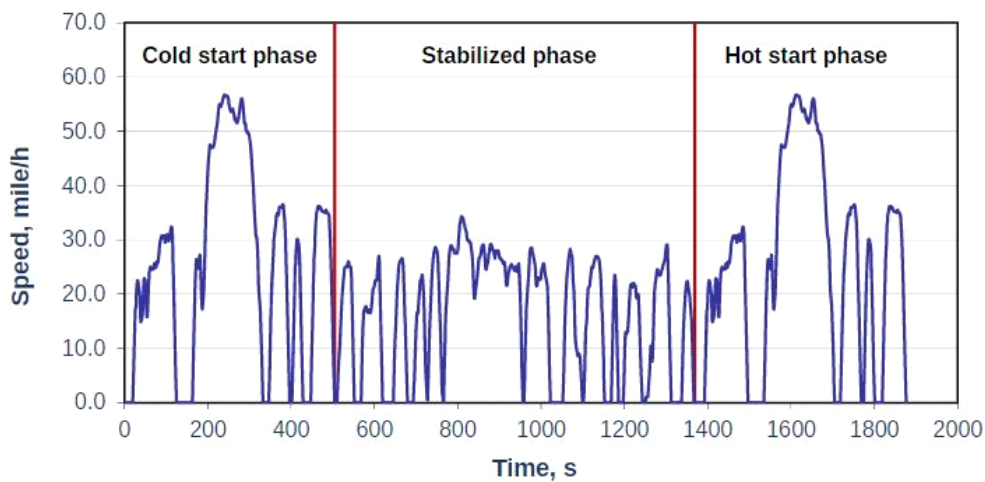
4.3.2 Κύκλος οδήγησης FTP-75

Ο FTP-75 έχει χρησιμοποιηθεί για πιστοποίηση εκπομπών και δοκιμή οικονομίας καυσίμων που αφορά ελαφρού τύπου οχήματα. Πολλές φορές το δοκιμαστικό αυτό αναφέρεται απλά ως FTP και δεν πρέπει να συγχέεται με το FTP τεστ βαρέων τύπου μηχανών, (dieselnet, FTP-75 2014).

Ο κύκλος FTP-75 και FTP-72 είναι παραλλαγές του EPA Urban Dynamometer Driving Schedule (UDDS). Οι δυο αυτοί κύκλοι διαφέρουν στο ότι ο FTP-75 έχει άλλο ένα μέρος 505s που μοιάζει με το πρώτο μέρος του FTP-72, αλλά με ζεστό ξεκίνημα. Το τρίτο μέρος αρχίζει αφού η μηχανή έχει μείνει σβηστή για δέκα λεπτά.

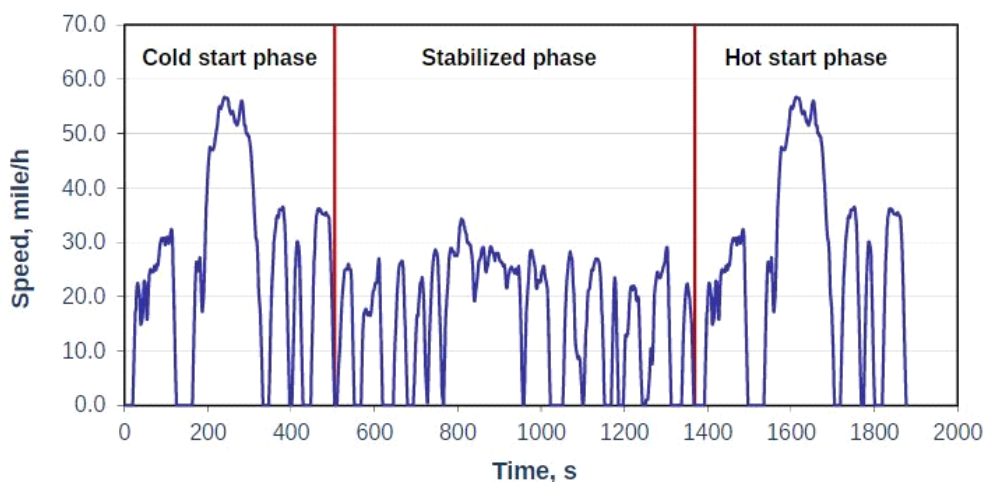
Αναλυτικότερα ο κύκλος FTP-75 πραγματοποιείται ως εξής: Το πρώτο μέρος έχει διάρκεια 505s με θερμοκρασία περιβάλλοντος από 20-30° C και εκκίνηση με ζεστή μηχανή, ο συντελεστής στάθμισης είναι 0,43, στο δεύτερο μέρος, η φάση σταθεροποίησης, διαρκεί 867s και έχει συντελεστή στάθμισης 1,0, στη τελευταία φάση που είναι εκκίνηση με ζεστή μηχανή, διαρκεί 505s και έχει συντελεστή στάθμισης 0,57.

Γενικά ο κύκλος οδήγησης FTP-75 διαρκεί 1877s, η διανυόμενη απόσταση είναι 17,77km με μέση ταχύτητα τα 34,12km/h και μέγιστη τα 91,25km/h. Οι εκπομπές κάθε φάσης συλλέγονται σε ξεχωριστές σακούλες από τεφλόν, αναλύονται και εκφράζονται σε g/μίλι ή g/km. Η ταχύτητα του οχήματος κατά τη δοκιμή FTP-75 και για τις τρεις φάσεις, φαίνεται στην



Εικόνα 4.6.

Ο κύκλος FTP-75 είναι γνωστός στην Αυστραλία με το όνομα ADR 37 (Australian Design Rules) και στη Βραζιλία ως Πρότυπο Δοκιμαστικό NBR 6601.

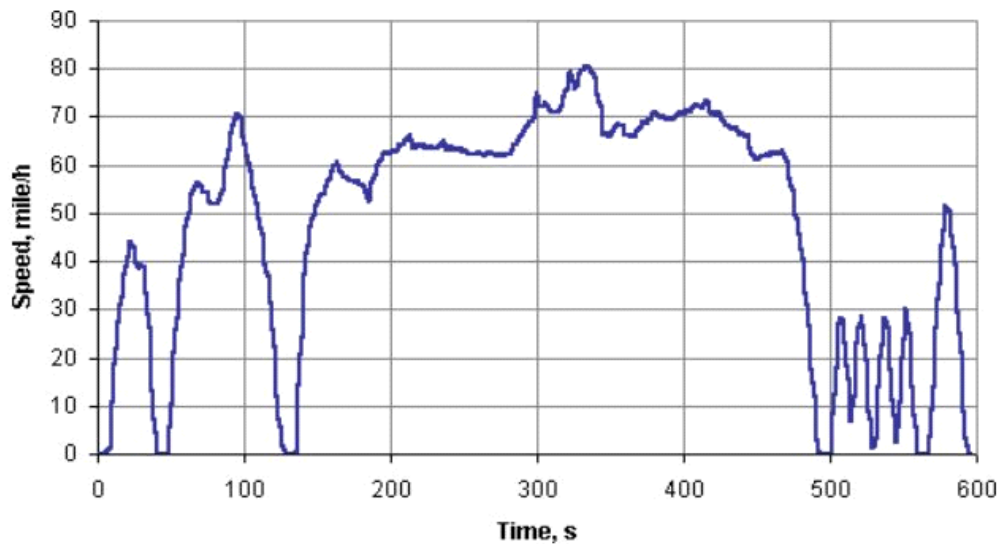


Εικόνα 4.6: Κύκλος Οδήγησης FTP-75

4.3.3 Κύκλος οδήγησης SFTP-US06

Ο συμπληρωματικός κύκλος US06 αναπτύχθηκε για να καλύψει τα κενά του κύκλου FTP-75 που παρουσιάζονταν κατά την επιθετική οδήγηση, υψηλής ταχύτητας/ επιτάχυνσης (dieselnet, SFTP-US06 2013).

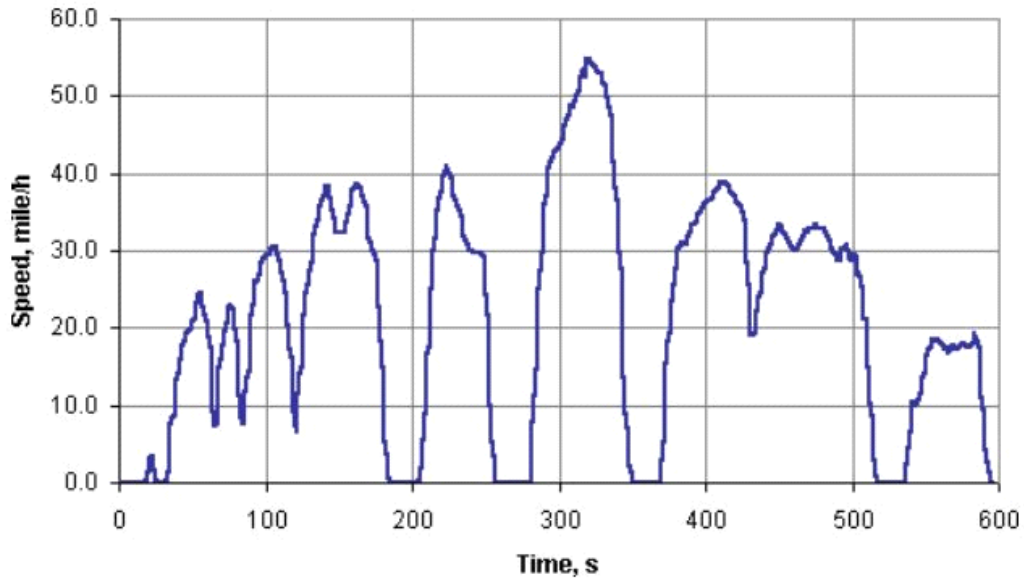
Ο κύκλος διαρκεί 596s, η απόσταση είναι 12,8 km με μέση ταχύτητα 77,9 km/h και μέγιστη 129,2km/h. Η ταχύτητα του οχήματος κατά τη δοκιμή US06 φαίνεται στην Εικόνα 4.7.



Εικόνα 4.7: Κύκλος οδήγησης SFTP-US06

4.3.4 Κύκλος οδήγησης SFTP-SC03

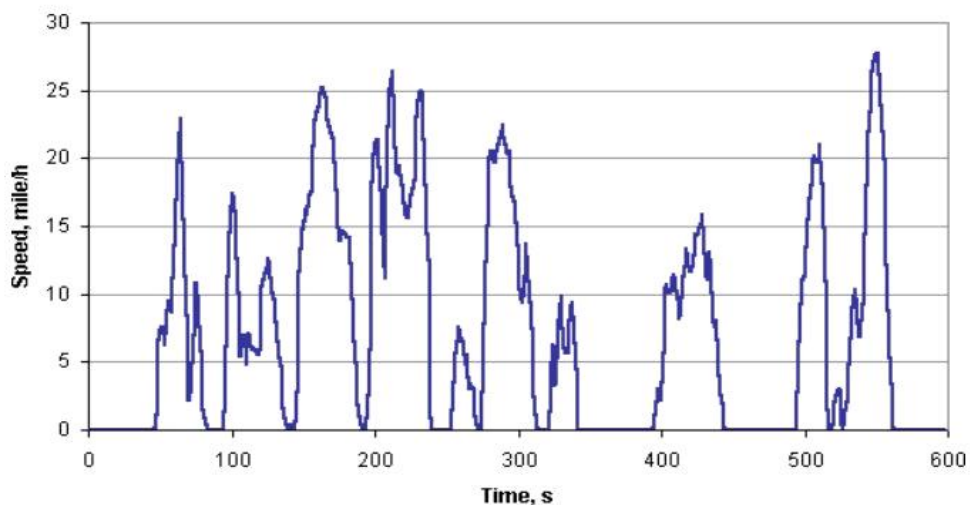
Ο κύκλος SC03, πρόκειται για μια συμπληρωματική διαδικασία που αναπτύχθηκε ως αναπαράσταση του φορτίου του κινητήρα κατά τη χρήση κλιματισμού (air condition) σε πιστοποιημένα από τον κύκλο δοκιμών FTP-75. Ο κύκλος SC03 διαρκεί 596s η διαδρομή που αναπαριστά είναι 5,8km με μέση ταχύτητα 34,8 km/h και μέγιστη 88,2km/h. Στην Εικόνα 4.8 παρουσιάζεται η δοκιμή SC03 με τον κλιματισμό (a/c) του οχήματος σε λειτουργία, (dieselnet, SFTP-SC03 2013).



Εικόνα 4.8: Κύκλος οδήγησης SFTP-SC03

4.3.5 Κύκλος οδήγησης EPA New York City Cycle (NYCC)

Ο κύκλος EPA New York City Cycle προσομοιώνει την οδήγηση στη πόλη με χαμηλές ταχύτητες και συχνές στάσεις. Ο κύκλος διαρκεί συνολικά 598s, η απόσταση που προσομοιώνει είναι 1,89 km, με μέση ταχύτητα 11,4 km/h και μέγιστη 44,6 km/h. Στην παρακάτω (Εικόνα4.9) φαίνεται μια καταγραφή του κύκλου EPA New York City Cycle.

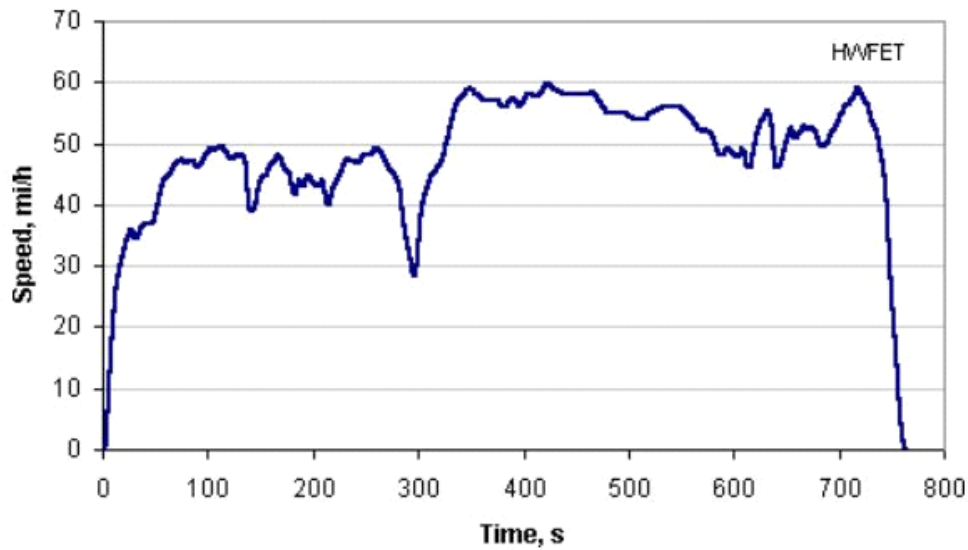


Εικόνα4.9 : Κύκλος EPA New York City Circle (NYCC)

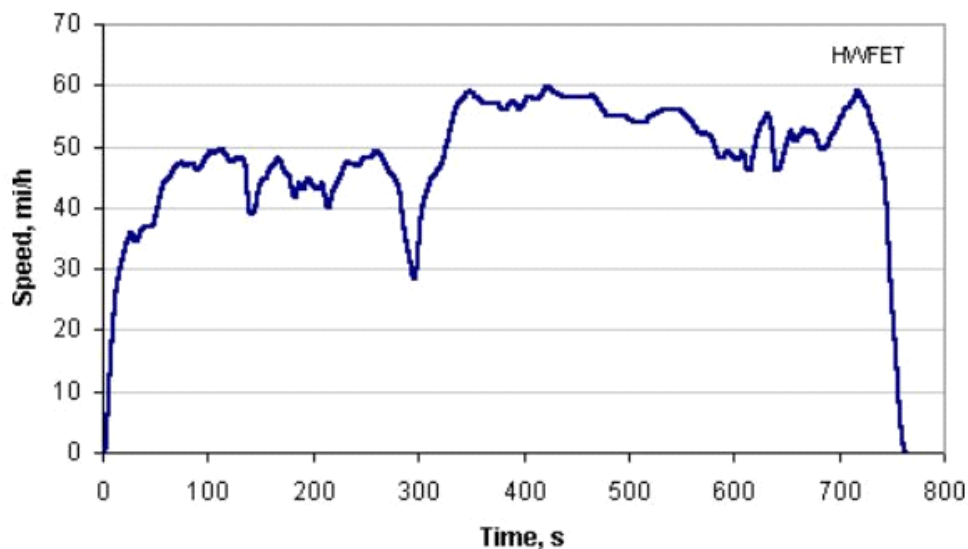
4.3.6 Κύκλος οδήγησης EPA Highway Fuel Economy Test Cycle (HWFET)

Ο κύκλος HWFET μετράει την οικονομία καυσίμου σε αυτοκινητόδρομους ταχείας κυκλοφορίας, που στην πόλη προσδιορίζεται από τον κύκλο οδήγησης FTP-75.

Το δοκιμαστικό διεξάγεται δύο φορές, μεταξύ των διαδρομών υπάρχει ένα διάλειμα 17s. Στη πρώτη διαδρομή προετοιμάζεται το όχημα και στη δεύτερη πραγματοποιείται η μέτρηση των εκπομπών. Ο κύκλος διαρκεί συνολικά 756s, προσομοιώνει 16,45km και η μέση ταχύτητα είναι 77,7km/h. Στην



Εικόνα 4.10 παρουσιάζεται ένας κύκλος οικονομίας καυσίμου HWFET, (dieselnet, EPAHighwayFuelEconomyTestCycle (HWFET) 2000).



Εικόνα 4.10: Κύκλος HWFET

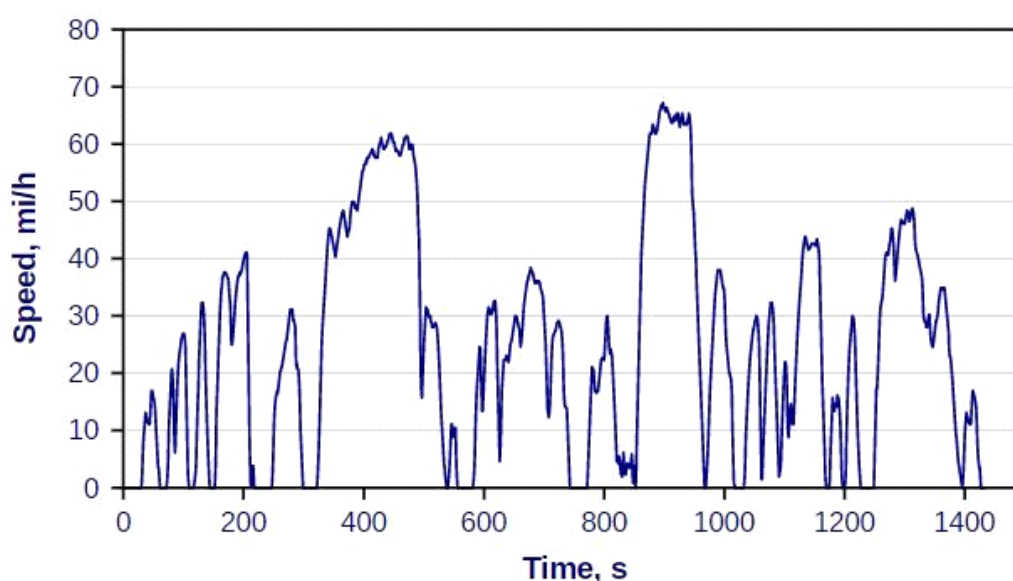
4.3.7 Κύκλος οδήγησης California Unified Cycle (UC)

Ο κύκλος California Unified αναπτύχθηκε από το California Air Resources Board για ελαφρά οχήματα και εκπονείται σε δυναμομετρική εξέδρα. Το ίδιο πρόγραμμα έχει αναφερθεί και ως Unified Cycle Driving Schedule (UCDS) ή ως LA92 που περιλαμβάνει τα πρώτα 969s ενώ με την ονομασία Unified LA92 εννοείται ολόκληρο το δοκιμαστικό.

Ο κύκλος χρησιμοποιείται και από την ομοσπονδία (Supplemental Federal Test Procedure) για τον έλεγχο συγκεκριμένης τάξης οχημάτων, καθώς και για τον έλεγχο οχημάτων που διαθέτουν τεχνολογίες άμεσης μείωσης όζοντος.

Ο UC, έχει τριφασική δομή όπως το FTP-75 (Εικόνα 4.11), αλλά είναι πιο επιθετικός κύκλος, με υψηλότερες επιταχύνσεις και ταχύτητες, λιγότερες στάσεις ανά χιλιόμετρο και λιγότερο χρόνο αδράνειας.

Η διαδικασία εκτελείται σε τρεις φάσεις, με την πρώτη και τη δεύτερη φάση να διαδέχονται η μια την άλλη, ακολουθεί ένα δεκάλεπτο θερμού διαποτισμού, και μετά ακολουθεί η Τρίτη φάση, που είναι αντίγραφο της πρώτης. Οι εκπομπές από κάθε φάση συλλέγονται σε διαφορετικούς δειγματοληπτικούς σάκους και υπολογίζονται με τον ίδιο τρόπο όπως και στον κύκλο FTP-75. Ορισμένες φορές η φάση τρία παραλείπεται και εκτελούνται οι φάσεις ένα και δυο. Ολόκληρος ο κύκλος UC (με τις φάσεις ένα, δύο και τρία) διαρκεί 1735s, η διανυόμενη απόσταση είναι 17,70 km και η μέση ταχύτητα 36,74 km/h, στη περίπτωση που παραλείπεται η τρίτη φάση η διαρκεί του κύκλου είναι 1435s η απόσταση 15,8km και η μέση ταχύτητα 39,6 km/h, (dieselnet, CaliforniaUnifiedCycle (UC) 2017).

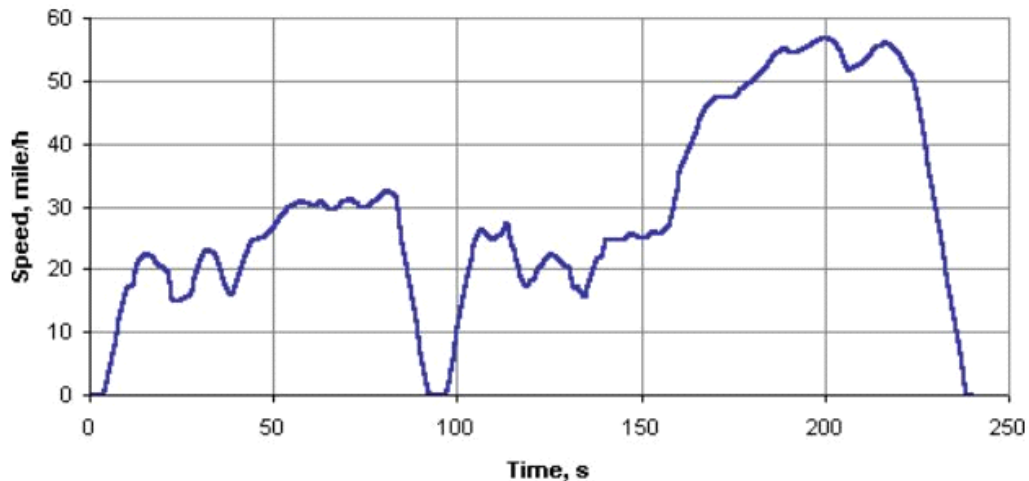


Εικόνα 4.11: Κύκλος California Cycle UC

4.3.8 Κύκλος οδήγησης Inspection & Maintenance Driving Cycle IM240

Ο κύκλος οδήγησης IM240 προτείνεται από την EPA για την μέτρηση εκπομπών σε προγράμματα επιθεώρησης και συντήρησης σε πολλές πολιτείες.

Η δοκιμή IM240 είναι σύντομης διάρκειας 240s, αναπαριστά μια διαδρομή 3,1 km με μέση ταχύτητα 47,3km/h και μέγιστη 91,2 km/h. Ο κύκλος αυτός (Εικόνα 4.12) είναι βασισμένος σε επιλεγμένα κομμάτια του FTP-75, (dieselnet, Inspection & Maintenance Driving Cycle IM240 2000).

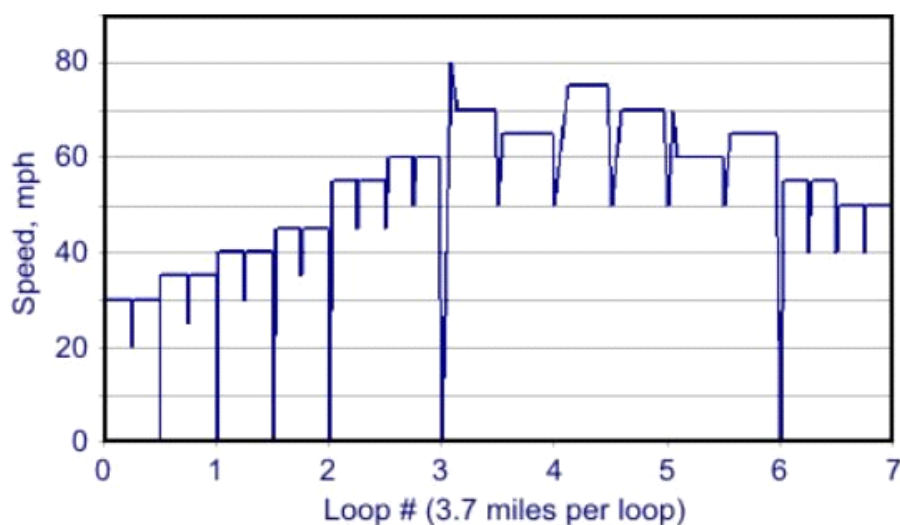


Εικόνα 4.12: Κύκλος οδήγησης Επιθεώρησης και Συντήρησης IM240

4.3.9 Κύκλος οδήγησης Standard Road Cycle (SRC) και Standard Bench Cycle (SBC)

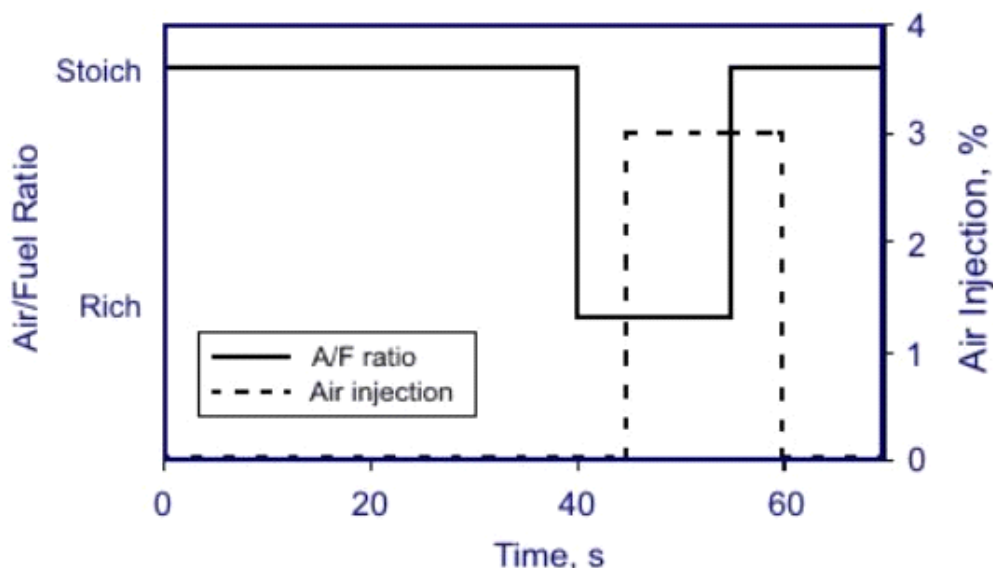
Οι Πρότυποι Κύκλοι Οδήγησης Δρόμου (SRC) και Πλατφόρμας (SBC) (Standard Road/ Bench Cycles) αναπτύχθηκαν από την EPA το 2005 στα πλαίσια του προγράμματος CAP 2000. Οι διατάξεις αντοχής CAP και οι κύκλοι Οδήγησης SRC και SBC αφορούν αυτοκίνητα με βενζινοκινητήρα και τριαδικό καταλύτη.

Ο κύκλος SRC είναι ένας κύκλος γήρασης του οχήματος, με αυτόν οι κατασκευαστές μπορούν να επιδείξουν τα επίπεδα εκπομπών των καινούριων οχημάτων στο τέλος της ωφέλιμης περιόδου ζωής τους τα 193.121 km. Η διαδικασία αυτή (Εικόνα 4.13) αποτελείται από επτά μέρη των 6 km με μέση ταχύτητα 74,5km/h και μέγιστη τα 120 m/h, το εύρος των επιταχύνσεων κυμαίνονται από ελαφρές ως απότομες, με τις περισσότερες να είναι ομαλές. Στο κύκλο SRC περιέχονται εικοσιτέσσερις επιβραδύνσεις μείωσης καυσίμου με τους ρυθμούς επιβράδυνσης να κυμαίνονται από ήπιες (χωρίς τη χρήση πέδησης) ως μέτριες, (dieselnet, Standard Road Cycle (SRC) and Standard Bench Cycle (SBC) 2006).



Εικόνα 4.13: Πρότυπος Κύκλος οδήγησης Δρόμου SRS

Ο SBC μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τους κατασκευαστές ως μια επιταχυνόμενη γήρανση στην πλατφόρμα δοκιμών κινητήρα. Η γήρανση πραγματοποιείται με επαναλήψεις του SRC για απαιτούμενο χρονικό διάστημα το οποίο καθορίζεται με βάση το προφίλ θερμοκρασίας του καταλύτη που μετράται κατά τη διάρκεια του SRC. Στην Εικόνα 4.14 παρουσιάζεται ένας κύκλος SBC 60s που βασίζεται στη θερμοκρασία του καταλύτη, με αναλογία αέρας μηχανής προς καύσιμο, και την ποσότητα της δευτερεύουσας έκχυσης αέρα η οποία μπαίνει μπροστά από τον καταλύτη. Η βασική θερμοκρασία του καταλύτη ελέγχεται στους 800 OC κατά τη στοιχειομετρική κατάσταση, και στους 890OC κατά την “πλούσια” κατάσταση.



Εικόνα 4.14: Πρότυπος Κύκλος Πλατφόρμας SBC

4.4 ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ

Στην Αυστραλία έχουν χρησιμοποιηθεί οι Αμερικανικοί κύκλοι FTP-72 και FTP-75 που έχουν περιγραφεί σε παραπάνω παράγραφο. Το κεφάλαιο αυτό αναφέρεται σε δυο άλλους κύκλους που έχουν εφαρμοστεί στην Αυστραλία, τον Petrol CUEDC & SPC240 για ελαφρά βενζινοκίνητα οχήματα και για πετρελαιοκίνητα οχήματα στους CUEDC.

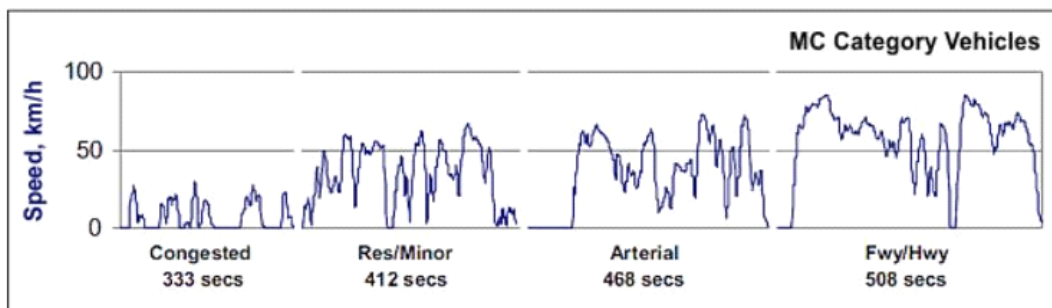
Η μέθοδος επιλογής διαδρομής που χρησιμοποιήθηκε από την Αυστραλία (για Μελβούρνη, Περθ και Σύννεϋ) είναι πιο «λογική», διότι λαμβάνει πολλές παραμέτρους υπόψη. Ειδικά η μέθοδος επιλογής διαδρομών αναφοράς από τον Australian Composite Urban Emission Driving Cycle (CUEDC) χρησιμοποίησε δεδομένα από τις μητροπολιτικές περιοχές των Μελβούρνη, Περθ, Αδελαΐδα, Μπρισμπέιν και Σύννεϋ. Τελικά, οι διαδρομές επιλέχθηκαν σύμφωνα με τον διαθέσιμο χρόνο ταξιδιού για να παρέχουν ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα διαδρομών και περιβαλλόντων ταξιδιού εντός της μητροπολιτικής περιοχής και βασίζονται στο αρτηριακό οδικό δίκτυο (ZitoandPrimerano 2005)

4.4.1 Κύκλος CUEDC

Η ανάπτυξη του κύκλου CUEDC (Composite Urban Emission Drive Cycle) ανατέθηκε από την Εθνική Επιτροπή Προστασίας Περιβάλλοντος της Αυστραλίας το 1998 ως μέρος του Εθνικού Μέτρου Προστασίας Περιβάλλοντος.

Ο κύκλος δημιουργήθηκε να αναπαριστά όσο το δυνατόν πιο πιστά την πραγματική οδήγηση στο Σύδνεϋ και χρησιμοποιείται τόσο για βαρέα όσο και για ελαφρά οχήματα. Ο κύκλος αποτελείται από τέσσερα ξεχωριστά τμήματα που αφορούν την οδήγηση σε κυκλοφοριακή συμφόρηση, σε δευτερεύοντες δρόμους, αρτηριακούς δρόμους και αυτοκινητόδρομους, στο σύνολο του το δοκιμαστικό διαρκεί 30 λεπτά.

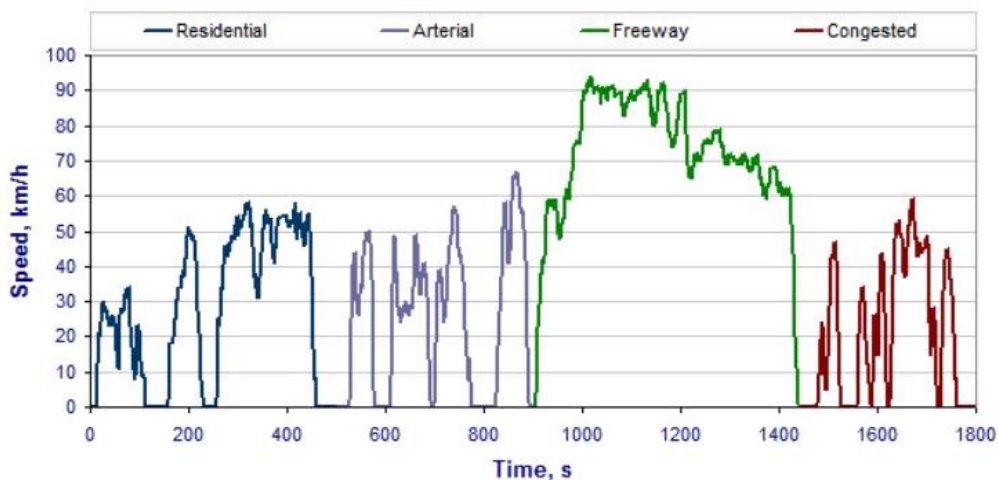
Για κάθε κύρια κατηγορία οχήματος ντίζελ αναπτύχθηκε ένας ξεχωριστός κύκλος CUEDC που κυμαίνονται από οχήματα εκτός δρόμου και οχήματα ελαφρών εμπορευμάτων έως και βαρέα συνδυασμένα οχήματα, αυτό συνεπάγεται ότι υπάρχουν έξι κύκλοι CUEDC, ένας για κάθε μια κατηγορία οχημάτων. Εδώ παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.15 ο κύκλος που αφορά τα ελαφρά οχήματα (MC).



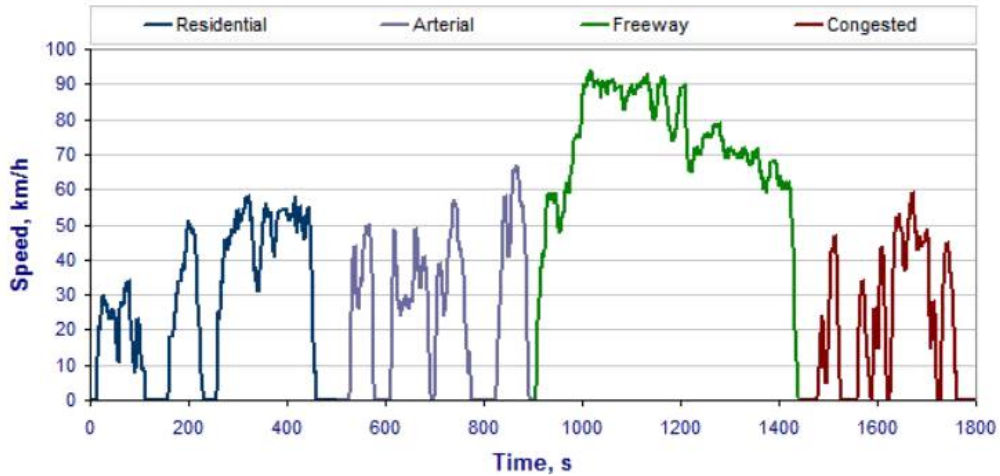
Εικόνα 4.15: Κύκλος Οδήγησης για ελαφρά βενζινοκίνητα οχήματα CUEDC

4.4.2 Petrol CUEDC & SPC 240

Ο κύκλος Petrol CUEDC αναπτύχθηκε το 2005 για ελαφρά οχήματα βενζίνης, σε συνέχεια του κύκλου CUEDC για πετρέλαιο το 1998. Ο κύκλος Petrol CUEDC όπως και αυτός πριν από αυτόν αναπτύχθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να αναπαριστούν την οδική συμπεριφορά των οδηγών στις πόλεις της Αυστραλίας και περιλαμβάνει τέσσερα τμήματα το καθένα. Αντιπροσωπεύει την αστική οδήγηση σε πραγματικές συνθήκες, δηλαδή οδήγηση σε κατοικημένη περιοχή, σε αρτηριακές οδούς, σε αυτοκινητόδρομους και σε συμφόρηση όπως φαίνεται στην

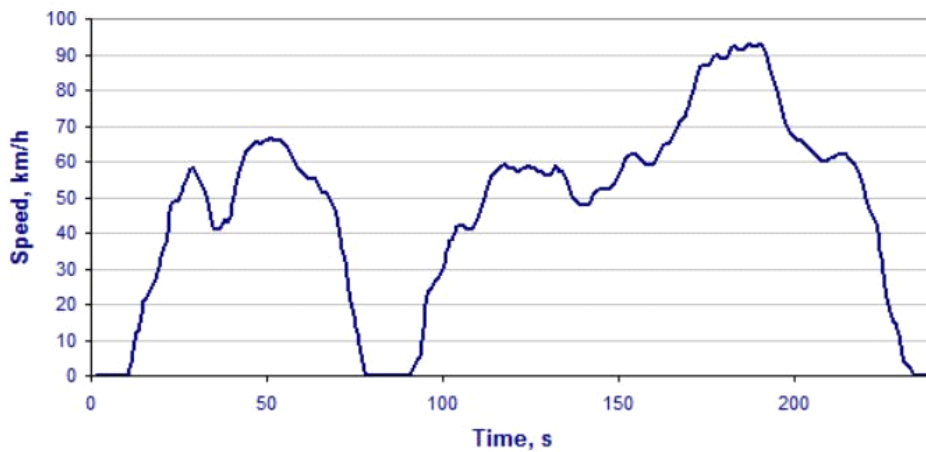


Εικόνα 4.16. Ο κύκλος αποτελείται από μια απόσταση 19,4 km με διάρκεια 1797s και μέση ταχύτητα 38,95 km/h.

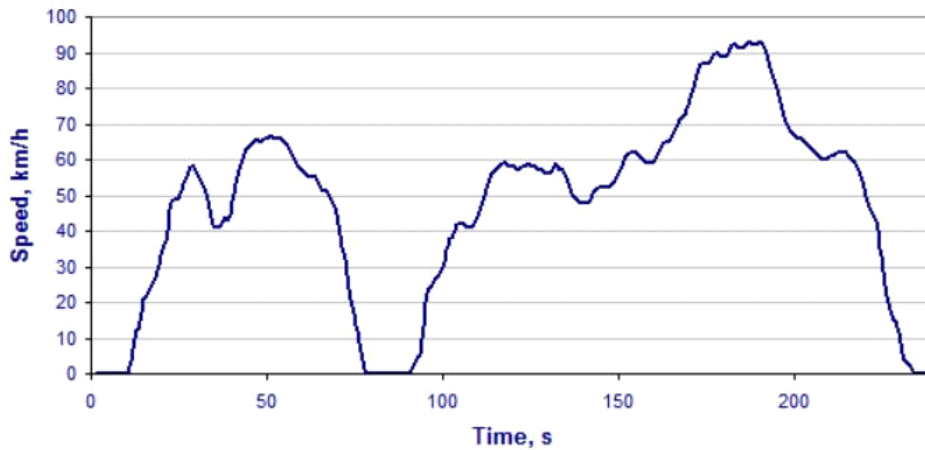


Εικόνα 4.16: Κύκλος Petrol CUEDC

Ο κύκλος Short Petrol CUEDC (SPC240) επιχειρεί να αντιπροσωπεύσει τους τρόπους οδήγησης του Petrol CUEDC σε μια πιο σύντομη και πιθανώς ευκολότερη εκτέλεση των δοκιμών. Ο κύκλος διαμορφώθηκε με βάση τα τελευταία δυο λεπτά της αρτηριακής φάσης και τα πρώτα δυο λεπτά της φάσης του αυτοκινητόδρομου του αρχικού κύκλου. Συνολικά ο SPC240 διαρκεί 240s προσομοιώνει την απόσταση των 3,10 km και η μέση ταχύτητα είναι 46,57 km/h (



Εικόνα 4.17).



Εικόνα 4.17: Ο κύκλος SPC 240

4.5 ΚΙΝΑ

Στην Κίνα το πρόγραμμα ελέγχου των εκπομπών των οχημάτων ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του 1980 και το σύγχρονο εθνικό πρόγραμμα στα τέλη της δεκαετίας του 1990. Μετά την επιτυχή εξάλειψη της βενζίνης με μόλυβδο, η Κίνα άρχισε να εφαρμόζει σταδιακά αυστηρά πρότυπα εκπομπών για ελαφρά οχήματα ακολουθώντας την Ευρώπη. Τα πρότυπα της Κίνα είναι πανομοιότυπα με αυτά της Ευρώπης όσον αφορά τις οριακές τιμές, τους κύκλους δοκιμών και άλλες παραμέτρους και ονομάζονται China I, που είναι ανάλογο του Euro 1, China II ανάλογο του Euro2 κτλ. Τα πρότυπα από το China I έως το China IV δίνονται με λατινική αρίθμηση ενώ από το China 5 και μετά είναι με αραβικούς αριθμούς. Σήμερα εφαρμόζεται το China 5 και το πρότυπο China 6 έχει ημερομηνία εφαρμογής την 1η Ιουλίου 2020 για το πρότυπο China 6a και την 1η Ιουλίου 2023 για το China 6b που θα είναι ένα από τα πιο αυστηρά πρότυπα στον κόσμο.

Beijin 5

Το 1999 το Πεκίνο εφάρμοσε το εθνικό πρότυπο, China I, ένα χρόνο πιο μπροστά από την υπόλοιπη χώρα, έκτοτε το Πεκίνο υιοθετεί τα πρότυπα νωρίτερα από ότι εφαρμόζονται στην υπόλοιπη χώρα. Το 2008 εφαρμόστηκε στο Πεκίνο ένα πρότυπο βασισμένο στο Euro 4, 1 Φεβρουαρίου 2013 προχώρησε στο πρότυπο Beijin 5 ισοδύναμο στο Euro 5, το Σεπτέμβριο του ίδιου έτους το εθνικό πρότυπο China 5 αυτομάτως αντικατέστησε το Beijin 5, (transportpolicy, China: Light-duty: Emissions 2018).

Πρόταση Beijin 6

Η πρόταση Beijin 6 αλλάζει τα πρότυπα που βασίζεται από τα Ευρωπαϊκά, στα Αμερικάνικα. Έχει υιοθετήσει τα πιο αυστηρά πρότυπα για ελαφρά οχήματα στον κόσμο μέχρι σήμερα. Η πρόταση Beijin 6 στοχεύει στη μείωση των τοπικών εκπομπών. Η νέα πρόταση περιλαμβάνει επιθετικούς ή ειδικούς κύκλους οδήγησης που προορίζονται να καλύψουν ένα ευρύτερο φάσμα οδικών συνθηκών που αντιμετωπίζουν τα οχήματα, (transportpolicy 2018).

Για τα νέα ελαφρά οχήματα, η πρόταση Beijin 6 υιοθετεί τα ULEV70 όρια του κύκλου California LEV III ως ανώτατα όρια εκπομπών ανά όχημα. Το Πεκίνο ενέκρινε τον κύκλο FTP-

75 συμπεριλαμβανομένων των κύκλων οδήγησης σε αστικό περιβάλλον, σε αυτοκινητόδρομο και των κύκλων με εκκίνηση ψυχρού κινητήρα, καθώς και τους συμπληρωματικούς κύκλους US06 και US03.

4.6 ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΙ ΚΥΚΛΟΙ

WLTC

Οι Παγκόσμιοι Εναρμονισμένοι Κύκλοι Οδήγησης ελαφρών Οχημάτων (Worldwide harmonized Light vehicles Test Cycles) είναι δοκιμές που γίνονται σε δυναμομετρική εξέδρα για τον προσδιορισμό των εκπομπών ρύπων και της κατανάλωσης καυσίμων για ελαφρά οχήματα. Οι κύκλοι WLTC είναι μέρος των δοκιμών WLTP (βλέπε §3.6.1) που απαιτούνται για την έγκριση τύπου ενός οχήματος (Dieselnet 2019).

Οι διαδικασίες WLTP περιλαμβάνουν διάφορους κύκλους οδήγησης WLTC που ισχύουν για κατηγορίες οχημάτων διαφορετικών αναλογιών ισχύος προς μάζα (PMR). Ως PMR ορίζεται η παράμετρος ονομαστική ισχύς (W)/ μάζα σε κατάσταση λειτουργίας σε kg(=μάζα άνευ φορτίου³ (kg)+ τον οδηγό 75kg). Στον Πίνακα 4-1 φαίνονται οι διάφοροι κύκλοι WLTC, η παράμετρος PMR που τους αντιστοιχεί και η φάση ταχύτητας που αναπτύσσει το όχημα.

Πίνακας 4-1: Κύκλοι οδήγησης WLTC

Category	PMR, W/kg	v_max, km/h	Speed Phase Sequence
Class 3b	PMR > 34	v_max ≥ 120	Low 3 + Medium 3-2 + High 3-2 + Extra High 3
Class 3a		v_max < 120	Low 3 + Medium 3-1 + High 3-1 + Extra High 3
Class 2	34 ≥ PMR > 22	-	Low 2 + Medium 2 + High 2 + Extra High 2
Class 1	PMR ≤ 22	-	Low 1 + Medium 1 + Low 1

Κύκλος Κλάσης 3

Με την υψηλότερη αναλογία ισχύος προς μάζα, η Κλάση 3 είναι αντιπροσωπευτική των οχημάτων που κινούνται στην Ευρώπη και την Ιαπωνία. Τα οχήματα της κατηγορίας 3 χωρίζονται σε 2 υποκατηγορίες ανάλογα με τη μέγιστη ταχύτητά τους⁴:

Κατηγορία 3a με v_max < 120 km / h και Κατηγορία 3b με v_max ≥ 120 km / h.

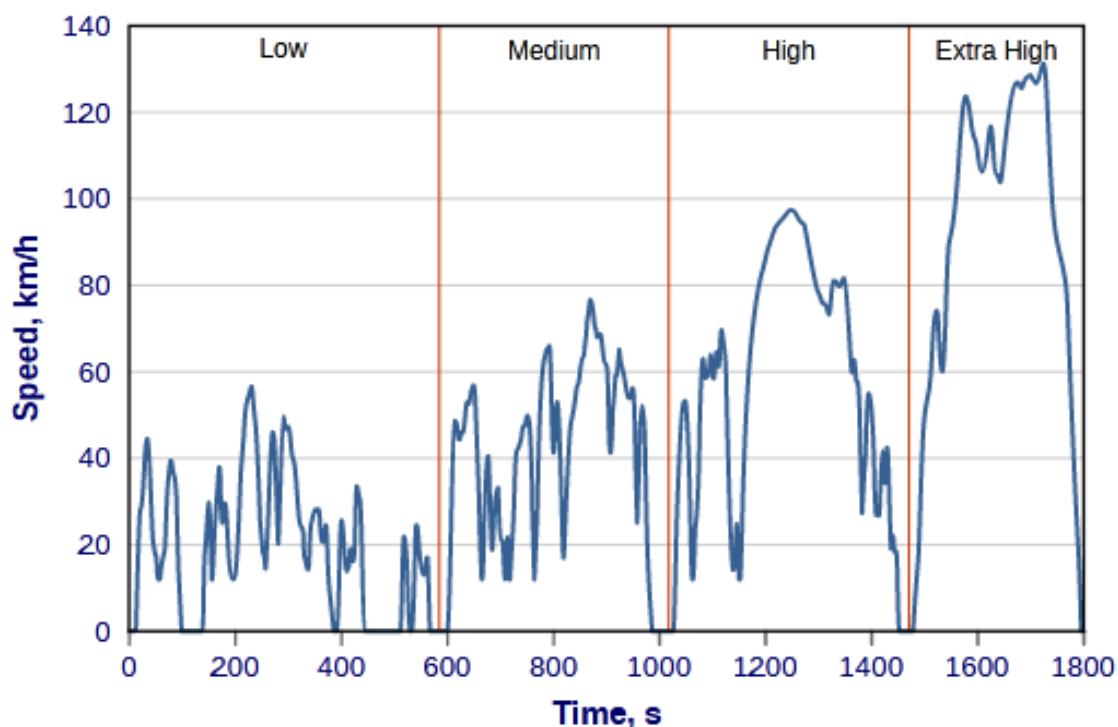
³ Μάζα άνευ φορτίου: η μάζα του έτοιμου για χρήση οχήματος, χωρίς επιβάτες ή φορτίο, αλλά με γεμάτη δεξαμενή καυσίμου κατά 90% και τα συνήθη εργαλεία και τον εφεδρικό τροχό φορτωμένα.

⁴ Ως μέγιστη ταχύτητα εννοείται αυτή που ορίζει ο κατασκευαστής ως τέτοια κι όχι αυτή που ορίζει η εκάστοτε νομοθεσία.

Επιλεγμένες παράμετροι των κύκλων Κλάσης 3 δίδονται στον Πίνακα 4-2 και η ταχύτητα του οχήματος για την Κλάση 3β φαίνεται στην Εικόνα 4.18.

Πίνακας 4-2: Επιλεγμένες παράμετροι της Κλάσης 3

Phase	Duration	Stop Duration	Distance	p_stop	v_max	v_ave w/o stops	v_ave w/ stops	a_min	a_max
	s	s							
Class 3b (v_max ≥ 120 km/h)									
Low 3	589	156	3095	26.5%	56.5	25.7	18.9	-1.47	1.47
Medium 3-2	433	48	4756	11.1%	76.6	44.5	39.5	-1.49	1.57
High 3-2	455	31	7162	6.8%	97.4	60.8	56.7	-1.49	1.58
Extra-High 3	323	7	8254	2.2%	131.3	94.0	92.0	-1.21	1.03
Total	1800	242	23266						
Class 3a (v_max < 120 km/h)									
Low 3	589	156	3095	26.5%	56.5	25.7	18.9	-1.47	1.47
Medium 3-1	433	48	4721	11.1%	76.6	44.1	39.3	-1.47	1.28
High 3-1	455	31	7124	6.8%	97.4	60.5	56.4	-1.49	1.58
Extra-High 3	323	7	8254	2.2%	131.3	94.0	92.0	-1.21	1.03
Total	1800	242	23194						



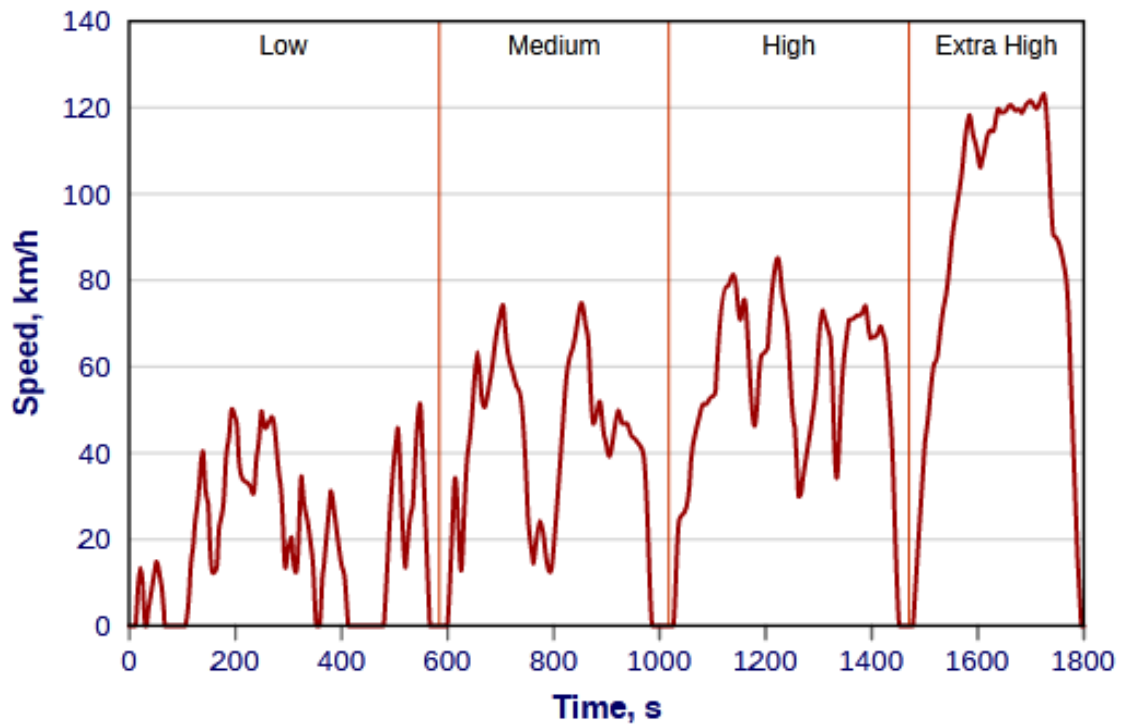
Εικόνα 4.18: Κύκλος οδήγησης για την Κλάση 3

Κύκλος Κλάσης 2

Η Κλάση 2 είναι αντιπροσωπευτική των οχημάτων που κινούνται στην Ινδία και των οχημάτων χαμηλής ισχύος στην Ιαπωνία και την Ευρώπη. Επιλεγμένες παράμετροι του κύκλου Κατηγορίας 2 δίνονται στον Πίνακα 4-3 και το διάγραμμα ταχύτητας-χρόνου για την Κατηγορία 2, φαίνεται στην Εικόνα 4.19.

Πίνακας 4-3: Επιλεγμένες παράμετροι της Κλάσης 2

Phase	Duration	Stop Duration	Distance	p_stop	v_max	v_ave w/o stops	v_ave w/ stops	a_min	a_max
	s	s							
Low 2	589	155	3101	26.3%	51.4	25.7	19.0	-0.94	0.90
Medium 2	433	48	4737	11.1%	74.7	44.3	39.4	-0.93	0.96
High 2	455	30	6792	6.6%	85.2	57.5	53.7	-1.11	0.85
Extra-High 2	323	7	8019	2.2%	123.1	91.4	89.4	-1.06	0.65
Total	1800	240	22649						



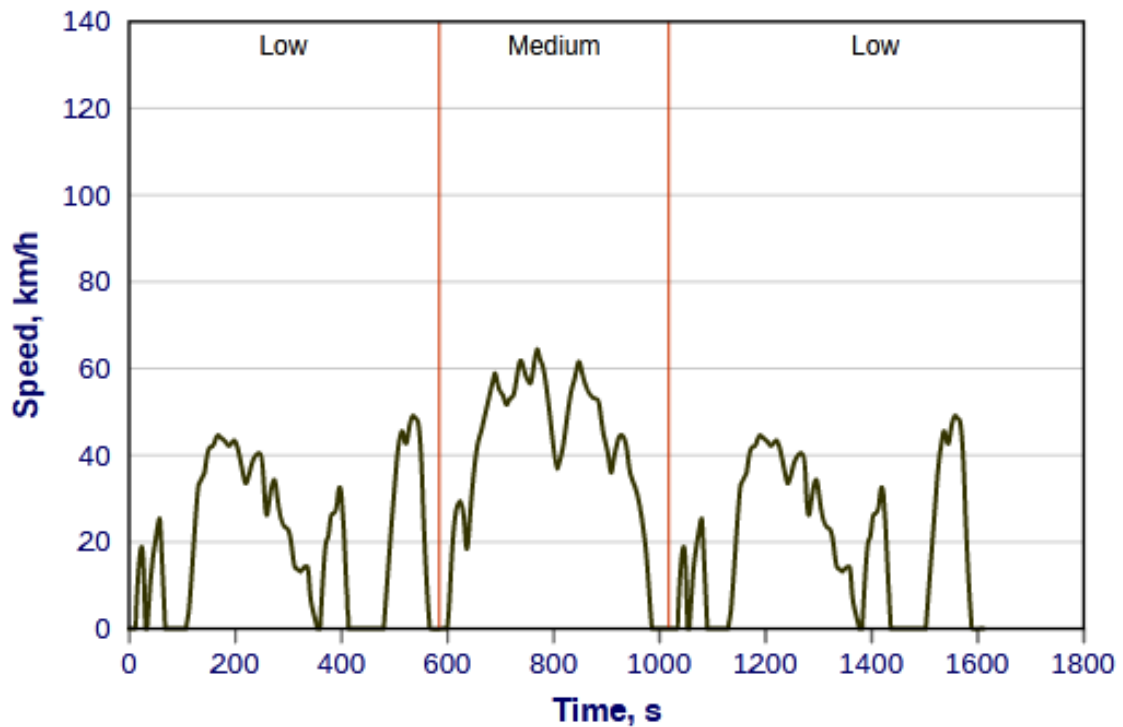
Εικόνα 4.19: Κύκλος οδήγησης για την Κλάση 2

Κύκλος Κλάσης 1

Με τη χαμηλότερη αναλογία ισχύος προς μάζα, η Κλάση 1 είναι αντιπροσωπευτική των οχημάτων που κινούνται στην Ινδία. Επιλεγμένες παράμετροι του κύκλου Κλάσης 1 δίνονται στον Πίνακα 2 και η ταχύτητα του οχήματος φαίνεται στο Σχήμα 3.

Πίνακας 4-4: Επιλεγμένες παράμετροι της Κλάσης 2

Phase	Duration	Stop Duration	Distance	p_stop	v_max	v_ave w/o stops	v_ave w/ stops	a_min	a_max
	s	s			m	km/h	km/h		
Low 1	589	154	3330	26.1%	49.1	27.6	20.4	-1.00	0.76
Medium 1	433	48	4767	11.1%	64.4	44.6	39.6	-0.53	0.63
Low 1	589	154	3330	26.1%	49.1	27.6	20.4	-1.00	0.76
Total	1611	356	11428						



Εικόνα 4.20: Κύκλος οδήγησης για την Κλάση 1

Οι κύκλοι WLTC για Υβριδικά ή Ηλεκτρικά οχήματα

Το WLTP περιλαμβάνει ειδικές διατάξεις για τη δοκιμή διαφόρων κατηγοριών υβριδικών-ηλεκτρικών και ηλεκτρικών οχημάτων:

- OVC-HEVs (υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα εξωτερικής φόρτισης)
- NOVC-HEV (υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα μη εξωτερικής φόρτισης)
- PEV (καθαρά ηλεκτρικά οχήματα)

Όλα τα οχήματα OVC-HEV, NOVC-HEV και PEV ταξινομούνται ως οχήματα Κλάσης 3. Οι εκπομπές και ένας αριθμός άλλων παραμέτρων ελέγχονται κατά τον αντίστοιχο κύκλο Κατηγορίας 3 (Κλάση Κατηγορίας 3 (Κλάση 3α ή Κλάση 3β), τόσο σε καταστάσεις φόρτισης όσο και σε τρόπους διατήρησης διατήρησης φόρτισης. Επιπλέον, ορισμένες παράμετροι δοκιμάζονται σε κύκλους πόλεων WLTC, που αποτελούνται μόνο από τις φάσεις χαμηλής και μέσης ταχύτητας. Η δοκιμές συνοψίζονται στον

συνοψίζονται στον

Πίνακας 4-5.

Πίνακας 4-5: Δοκίμες WLTC για Υβριδικά και Ηλεκτρικά οχήματα

		WLTP		WLTP city
		Charge-depleting	Charge-sustaining	Charge-depleting
		<i>Criteria Emissions, FC, CO₂, AER, EAER, R_{CDC}, R_{CDA}, E_{AC}</i>	<i>Criteria Emissions, FC, CO₂</i>	<i>AERcity, E_{AC}city</i>
OVC-HEV	Class 3a	Low 3 + Medium 3-1 + High 3-1 + Extra High 3	Low 3 + Medium 3-1 + High 3-1 + Extra High 3	Low 3 + Medium 3-1
	Class 3b	Low 3 + Medium 3-2 + High 3-2 + Extra High 3	Low 3 + Medium 3-2 + High 3-2 + ExtraHigh 3	Low 3 + Medium 3-2
NOVC-HEV	Class 3a	--	Low 3 + Medium 3-1 + High 3-1 + ExtraHigh 3	--
	Class 3b	--	Low 3 + Medium 3-2 + High 3-2 + Extra High 3	--
PEV	Class 3a	Low 3 + Medium 3-1 + High 3-1 + Extra High 3	--	Low 3 + Medium 3-1
	Class 3b	Low 3 + Medium 3-2 + High 3-2 + Extra High 3	--	Low 3 + Medium 3-2

Abbreviations:

AER - All-electric range
 EAER - Equivalent all-electric range
 E_{AC} - Recharged energy
 FC - Fuel consumption
 NOVC-HEV - not off-vehicle charging hybrid electric vehicle
 OVC-HEV - off-vehicle charging hybrid electric vehicle
 PEV - pure electric vehicle
 R_{CDA} - Charge-depleting actual range
 R_{CDC} - Charge-depleting cycle range

5 Βιβλιογραφική έρευνα για τους Κύκλους Οδήγησης που έχουν εκπονηθεί από ερευνητές ανά τον κόσμο

Κύκλος οδήγησης στην Μπανγκόκ της Ταϊλάνδης

Οι (Tamsanya, Chungraibulpattana και Atthajariyakul 2006) χρησιμοποίησαν ένα βενζινοκίνητο όχημα εξοπλισμένο με καταγραφικό δεδομένων για τη συλλογή δεδομένων ταχύτητας, σε πραγματικό χρόνο, κατά τη διάρκεια της εβδομάδας και του Σαββατοκύριακου, υπό πραγματική κίνηση. Η συλλογή δεδομένων έγινε σε επιλεγμένες διαδρομές στην αστική περιοχή της Μπανγκόκ για δύο μήνες. Κατασκευάστηκαν δύο κύκλοι, ένας για τις καθημερινές (μεγάλη κυκλοφοριακή συμφόρηση) και ένας για το σαββατοκύριακο (λιγότερη κίνηση). Οι εκπομπές καυσαερίων CO, HC και NOx και η κατανάλωση καυσίμου μετρήθηκαν στο Εργαστήριο Εκπομπών Αυτοκινήτων του Τμήματος Ελέγχου Ρύπανσης, σε δυναμομετρική εξέδρα σύμφωνα με τους κύκλους οδήγησης που προέκυψαν.

Σε αυτή την έρευνα επιλέχθηκαν αντιπροσωπευτικές διαδρομές της πόλης με κριτήριο την ταχύτητα πορείας που υπολογίστηκε από το μοντέλο ροής της κυκλοφορίας. Από τα δεδομένα χρόνου-ταχύτητας που συλλέχθηκαν στον δρόμο, υπολογίστηκαν η επιτάχυνση/επιβράδυνση κάθε δευτερόλεπτο και άλλοι πραγματικοί παράγοντες οδήγησης, όπως μέση ταχύτητα, ποσοστό επιτάχυνσης/επιβράδυνσης, ποσοστό πλοήγησης με σταθερή ταχύτητα και στάσης, αριθμός στάσεων ανά χιλιόμετρο, μέση επιτάχυνση/επιβράδυνση, θετική κινητική ενέργεια (PKE). Οι παραπάνω παράγοντες οδήγησης ονομάζονται Παράμετροι- Στόχοι. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν χωρίστηκαν σε μικροδιαδρομές (microtrips) ώστε να προσδιοριστούν τα κυρίαρχα μοτίβα οδήγησης. Οι μικροδιαδρομές ομαδοποιήθηκαν με βάση την μέση ταχύτητά τους και θεωρούνται όλες ισοπίθανες σε ένα συγκεκριμένο διάστημα ταχύτητας. Ένα ειδικά διαμορφωμένο πρόγραμμα υπολογιστή ελέγχει αν οι τιμές των παραμέτρων ενδιαφέροντος συμφωνούν με τις τιμές παραμέτρων-Στόχων. Σε περίπτωση συμφωνίας το microtrip εγκρίνεται, αλλιώς απορρίπτεται. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου ολοκληρωθεί η συγκεκριμένη διάρκεια του κύκλου, που ορίζεται στα 1200 δευτερόλεπτα.

Κύκλος οδήγησης στην Μπακούμπα του Ιράκ

Σε αυτή τη μελέτη παρουσιάζεται ένας κύκλος οδήγησης πραγματικών συνθηκών για μια μεγάλη πόλη του Ιράκ. Η μέθοδος που ακολουθείται είναι αυτή της δημιουργίας Microtrips, τα οποία παράγονται από μετρήσεις on-board. Ο κύκλος που παρασκευάστηκε (διάρκειας 1052 δευτερολέπτων) συγκρίνεται με θεσμοθετημένους κύκλους οδήγησης για ελαφρά οχήματα όπως οι NY, FTPCOL, UDDS, US06, JPN, και EUDC. Οι παράμετροι που υπολόγισαν ο (Al-Samari 2017) ήταν τα ποσοστά επιτάχυνσης, επιβράδυνσης, πλοήγησης και αδράνειας, καθώς και η μέση ταχύτητα. Οι φάσεις της δημιουργίας του κύκλου οδήγησης είναι:

1. Συλλογή δεδομένων οδήγησης (ταχύτητα-χρόνος), με ενσωματωμένο σύστημα διάγνωσης (On-Board Diagnostics –OBD). Το όχημα κινείται σε διάφορα μέρη της πόλης.
2. Δημιουργία των Microtrips,
3. Ανάλυση δεδομένων, εδώ ο συγγραφέας επιλέγει ως παραμέτρους στόχους τα μέγιστα και τα ελάχιστα όρια της επιτάχυνσης, επιβράδυνσης, πλοήγησης και

αδράνεια και συγκρίνει τις τιμές των μικροδιαδρομών με τις τιμές αναφοράς. Με το πέρας της σύγκρισης των Microtrips επιλέγονται αυτά που απαντώνται συχνότερα και συνδέονται μεταξύ τους με βάση την συχνότητα

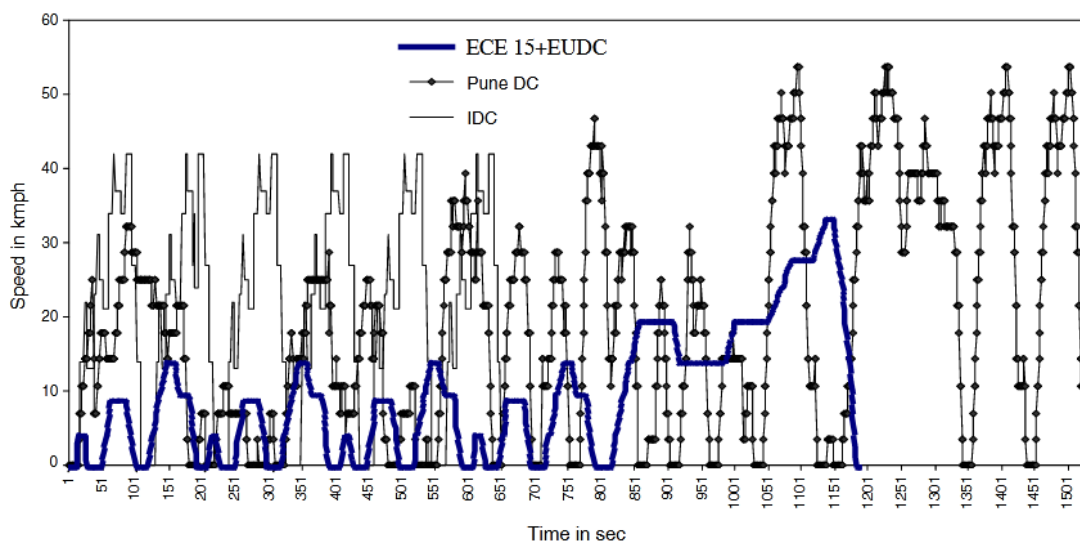
4. Κατασκευή του κύκλου οδήγησης.

Κύκλοι οδήγησης στο Χονγκ Κονγκ

Σε έναν από τους κύκλους οδήγησης που αναπτύχθηκε στο Χονγκ Κονγκ το 1999, η επιλογή των διαδρομών αναφοράς έγινε με βάση την γνώση και την εμπειρία των ειδικών σχετικά με την κίνηση στην περιοχή, (Tong, Hung και Cheung 1999). Η συλλογή δεδομένων έγινε με τη χρήση οπτικού αισθητήρα που στόχευε τον άξονα του οχήματος και μετρούσε την περιστροφή του τροχού. Τα δεδομένα ταχύτητας που συλλέχθηκαν κατά αυτόν τον τρόπο συλλέχθηκαν σε μικρο- υπολογιστή και αφορούσαν περιόδους με αυξημένη κίνηση. Αλλά σε έναν άλλο κύκλο οδήγησης που αναπτύχθηκε για το Χονγκ Κονγκ το 2007, τα δεδομένα συλλέχθηκαν χρησιμοποιώντας τη μέθοδο μέτρησης onboard σε συνδυασμό με τη chase car χρησιμοποιώντας καταγραφικά GPS (Hung, et al. 2007). Πιο συγκεκριμένα, συλλέχθηκαν δεδομένα 29 ωρών με τη μέθοδο chase car και 5,6 ωρών με την μέθοδο onboard κατά μήκος εννέα αντιπροσωπευτικών διαδρομών κατά την διάρκεια της πρωινής ώρας αιχμής.

Κύκλος οδήγησης στην Πούνε της Ινδίας

Στην πόλη Πούνε της Ινδίας, για την κατασκευή του κύκλου οδήγησης της πόλης, επιλέχθηκαν πέντε κεντρικοί δρόμοι (που έχουν την μεγαλύτερη κίνηση) για την συλλογή δεδομένων. Η κίνηση στις ώρες αιχμής των δρόμων αυτών συνδυάστηκε με προκαθορισμένα ζεύγη αφετηρίας-προορισμού ώστε να προσδιοριστεί η πυκνότητα της κυκλοφορίας. Έπειτα επιλέχθηκαν οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες διαδρομές, (Kamble, MathewandSharma 2009). Η μέθοδος συλλογής δεδομένων ήταν η chase car και η μέθοδος που ακολουθήθηκε για την κατασκευή του κύκλου οδήγησης ήταν αυτή των microtrips. Και σε αυτόν τον κύκλο με πραγματικά δεδομένα, οι παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη είναι: το ποσοστό επιτάχυνσης, επιβράδυνσης, αδράνειας και πλοήγησης και η μέση ταχύτητα. Ο κύκλος οδήγησης που προέκυψε από την εν λόγω έρευνα συγκρίθηκε με τον Ευρωπαϊκό κύκλο ECE-15 + EUDC και τον κύκλο οδήγησης της Κωνσταντινούπολης IDC. Τα αποτελέσματα της σύγκρισης φαίνονται στην Εικόνα 5.1.



Εικόνα 5.1: Σύγκριση κύκλου Πούνε με IDC και ευρωπαϊκό κύκλο

Κύκλος οδήγησης για το Ανόι (Βιετνάμ)

Στην περίπτωση του Ανόι, επειδή δεν υπήρχε ιστορικό δεδομένων κίνησης, η επιλογή διαδρομών έγινε με βάση την εμπειρία των ερευνητών δίνοντας έμφαση σε τέσσερα κριτήρια: 1. Τύπος δρόμου, 2. Μήκος διαδρομής, 3. Κυκλοφοριακή συμφόρηση και 4. Χρήση γης(Tong, Tung, etal. 2011). Η συλλογή των δεδομένων έγινε με την μέθοδο onboard. Η κατασκευή του κύκλου οδήγησης έγινε με μια διαδικασία τυχαίας επιλογής ώστε να ταιριάζουν τα συνολικά συνοπτικά στατιστικά στοιχεία.

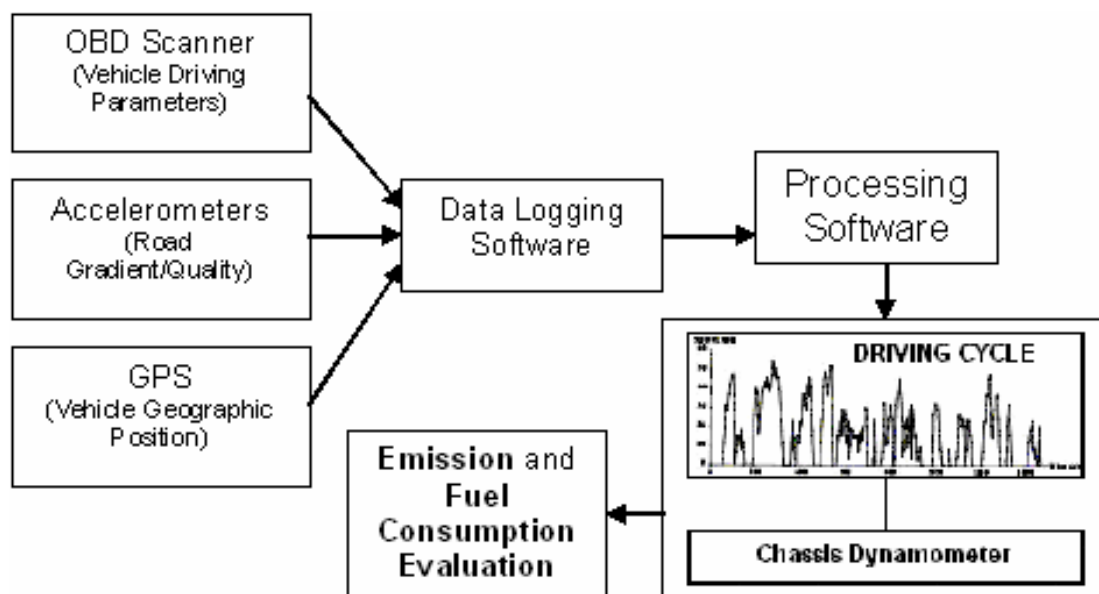
Κύκλος οδήγησης του Εδιμβούργου(Σκωτία)

Τα δεδομένα συλλέχθηκαν με την μέθοδο chase car. Κατά την συλλογή των δεδομένων λήφθηκε υπόψη η κυκλοφορία τόσο σε ώρες αιχμής όσο και εκτός των ωρών αυτών, (Esteves-Booth, etal. 2001). Για την ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν αναπτύχθηκε μια νέα στατιστική μέθοδος η TRAFIX(traffic flow index).

Κύκλος οδήγησης Αθήνας (Ελλάδα)

Η συλλογή δεδομένων για την ανάπτυξη αυτού του κύκλου έγινε με τη μέθοδο chase car, εξοπλίζοντας επιβατικά οχήματα διαφορετικού κυβισμού με GPS, OBDII, επιταχυνσιόμετρο και ένα lap-top να τα συγχρονίζει. Δεδομένα πραγματικής οδήγησης συλλέγονταν επί δύο χρόνια από σχεδόν το συνολικό οδικό δίκτυο της Αθήνας, κατά την διάρκεια και των επτά ημερών της εβδομάδας, όλες τις ώρες της ημέρας(Tzirakis, etal. 2006).

Για τη στατιστική ανάλυση των καταγεγραμμένων παραμέτρων αναπτύχθηκε ειδικό λογισμικό και ως εκ τούτου ο πρώτος κύκλος οδήγησης για την Αθήνα (Athens Driving Cycle-ADC διαμορφώθηκε με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: Η διάρκεια του κύκλου είναι 1160 δευτερόλεπτα, η συνολική απόσταση είναι 6512 μέτρα, η μέση ταχύτητα είναι 20,21 km h⁻¹ και η μέγιστη ταχύτητα είναι 70,86 km h⁻¹. Στην Εικόνα 5.2 φαίνεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την ανάπτυξη του ADC και την μέτρηση εκπομπών ρύπων.



Εικόνα 5.2: Διάγραμμα ροής της διαδικασίας που υιοθετήθηκε για την ανάπτυξη του ADC και τη μέτρηση των εκπομπών(Tzirakis, etal. 2006)

Η απόσταση του κύκλου οδήγησης που πρόκειται να αναπτυχθεί για μια συγκεκριμένη περιοχή, πρέπει να είναι αντιπροσωπευτική με αυτή που καλύπτουν συνήθως τα οχήματα σε αυτή την πόλη. Η απόσταση που επιλέχθηκε για την ανάπτυξη του ADC είναι ίση με το μέσο μήκος διαδρομής ανά ψυχρή εκκίνηση που καλύπτουν τα οχήματα στην Αθήνα, δηλαδή τα 6,9 km. Στην προκειμένη περίπτωση η απόσταση μειώθηκε κατά 5% αφενός διότι υπήρξαν καταγραφές και εκτός της αστικής περιοχής, όπου αναπτύσσονται μεγαλύτερες ταχύτητες και αφετέρου γιατί ο κύκλος πρέπει να έχει χρονική διάρκεια συγκρίσιμη με τον ευρωπαϊκό κύκλο EDC.

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν, υποβλήθηκαν σε στατιστική επεξεργασία από ειδικό λογισμικό λαμβάνοντας υπόψη τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά του λεκανοπεδίου (πχ κλίση του δρόμου) αλλά και άλλες σχετικές μελέτες. Επιπλέον, ακραίες τιμές πολύ υψηλής ταχύτητας αφαιρέθηκαν. Ο κύκλος αποτελείται από 16 φάσεις. Τα συμπεράσματα που εξάγονται είναι τα εξής: Μεγάλο ποσοστό του χρόνου στον κύκλο καταλαμβάνει ο χρόνος αδράνειας (δηλαδή στάση και μηχανή στο ρελαντί), υπάρχουν έντονες αυξομειώσεις ταχύτητας και σχεδόν καθόλου πορεία με σταθερή ταχύτητα. Τα παραπάνω καταδεικνύουν έναν επιθετικό τρόπο οδήγησης μέσα στην πόλη.

Αφού δημιουργήθηκε ο κύκλος, χρησιμοποιήθηκε σε δυναμομετρική εξέδρα ώστε να μετρηθούν οι εκπομπές ρύπων HC, CO, CO₂, NO_x (g km⁻¹) καθώς και η κατανάλωση καυσίμου σε (L/100 km) σε οχήματα διαφορετικού κυβισμού (1,6 L / 2 L / 2,4 L). Για λόγους σύγκρισης εκπονήθηκε και ο κύκλος NEDC στην εξέδρα και για τα τρία οχήματα. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο κύκλων και στις εκπομπές ρύπων και στην κατανάλωση καυσίμου.

Μέρος Β: Πειραματική Διαδικασία

6 Καταγραφή κεντρικών οδών σε ώρες αιχμής

Το πειραματικό μέρος της εργασίας αναπτύσσεται με δεδομένα που λήφθηκαν σε πραγματικές συνθήκες για την πόλη των Αθηνών, σε μία αντιπροσωπευτική διαδρομή της περιοχής των βορείων προαστίων της πόλης. Η διαδρομή αυτή περιλαμβάνει ένα σημαντικό φάσμα παραμέτρων και η επιλογή έγινε με γνώμονα την εξασφάλιση ενός αντιπροσωπευτικού δείγματος μετρήσεων, σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης.

Πιο συγκεκριμένα, οι διαδρομές που επιλέχθηκαν έχουν τα εξής χαρακτηριστικά: διασχίζουν κεντρικές αρτηρίες αυξημένης κίνησης, κεντρικές λεωφόρους της πόλης, σημεία στάσης λόγω φωτεινού σηματοδότη και υπάρχουν εναλλαγές επιτάχυνσης και επιβράδυνσης. Οι μετρήσεις συγκεντρώθηκαν με ειδικό εξοπλισμό και ακολούθως επεξεργάστηκαν και αναλύθηκαν κατάλληλα για την δημιουργία ενός αντιπροσωπευτικού προφίλ ταχύτητας για την κίνηση στην πόλη των Αθηνών.

Η έναρξη των μετρήσεων ήταν το πρωί της Τρίτης 8 Οκτωβρίου 2019 η λήξη το μεσημέρι της Παρασκευής 1 Νοεμβρίου 2019 . Μια πλήρης εβδομάδα μετρήσεων και συλλογής δεδομένων για την ανάλυση δύο κεντρικών και μεγάλων οδικών αρτηριών της πόλης της Αθήνας. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα αναμένεται να παρουσιάσουν μεταξύ τους αποκλίσεις, δεδομένου ότι περιλαμβάνουν στοιχεία κίνησης μιας καθημερινής μέρας.

Το ημερήσιο πρόγραμμα μετρήσεων περιλάμβανε δυο καταγραφές για δυο διαφορετικές διαδρομές, στην διάρκειά της ημέρας, πάντα τις ίδιες ώρες, ώστε να είναι εφικτή η σύγκριση των δεδομένων. Η πρώτη διαδρομή πραγματοποιούταν τις πρωινές ώρες μεταξύ 7:30πμ με 8:30πμ και η δεύτερη πραγματοποιούταν το μεσημέρι μεταξύ των ωρών 15:30μμ με 16:30μμ, με μέσο ορό συνολικής διάρκειας περίπου 17 με 20 λεπτά ανά διαδρομή.

Πιο αναλυτικά οι μετρήσεις έγιναν στις διαδρομές:

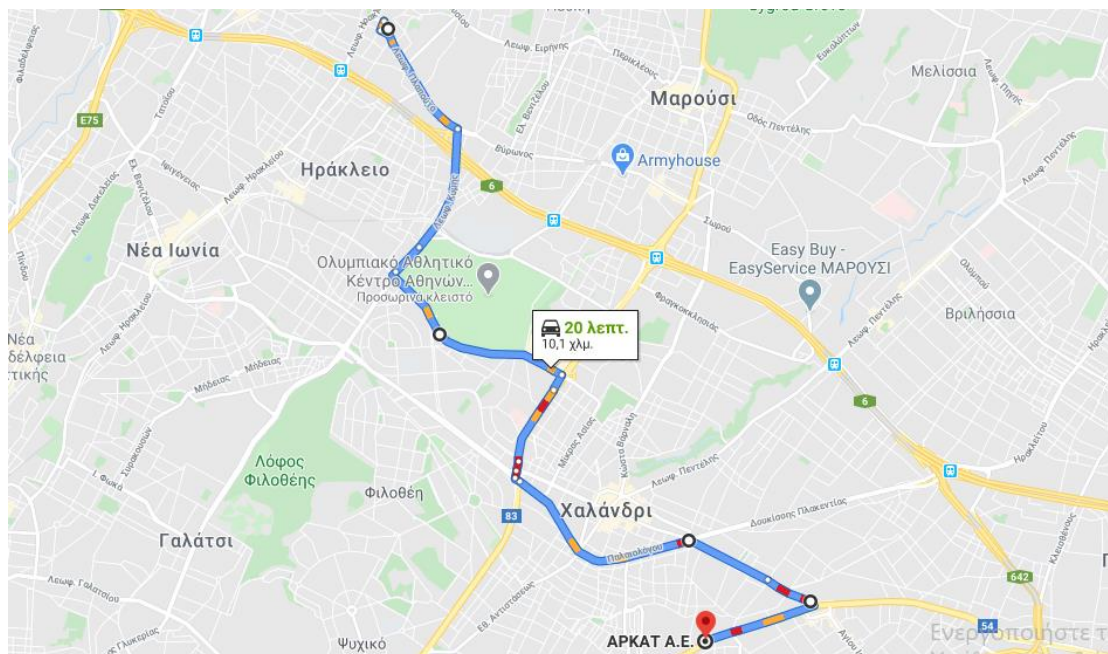
Διαδρομή 1: Λεωφόρος Πλαπούτα- Λεωφόρος Κύμης-Λεωφόρος Ολυμπιονίκου Σπύρου Λούη- Λεωφόρος Κηφισίας - Λεωφόρος Καποδιστρίου- Λεωφόρο Μεσογείων. (Εκτελούνταν τις πρωινές ώρες)

Διαδρομή 2:Λεωφόρος Μεσογείων - Λεωφόρος Καποδιστρίου-Λεωφόρος Κηφισίας – Λεωφόρος Ολυμπιονίκου Σπύρου Λούη - Λεωφόρος Κύμης - Λεωφόρος Πλαπούτα.(Εκτελούνταν τις μεσημεριανές ώρες)

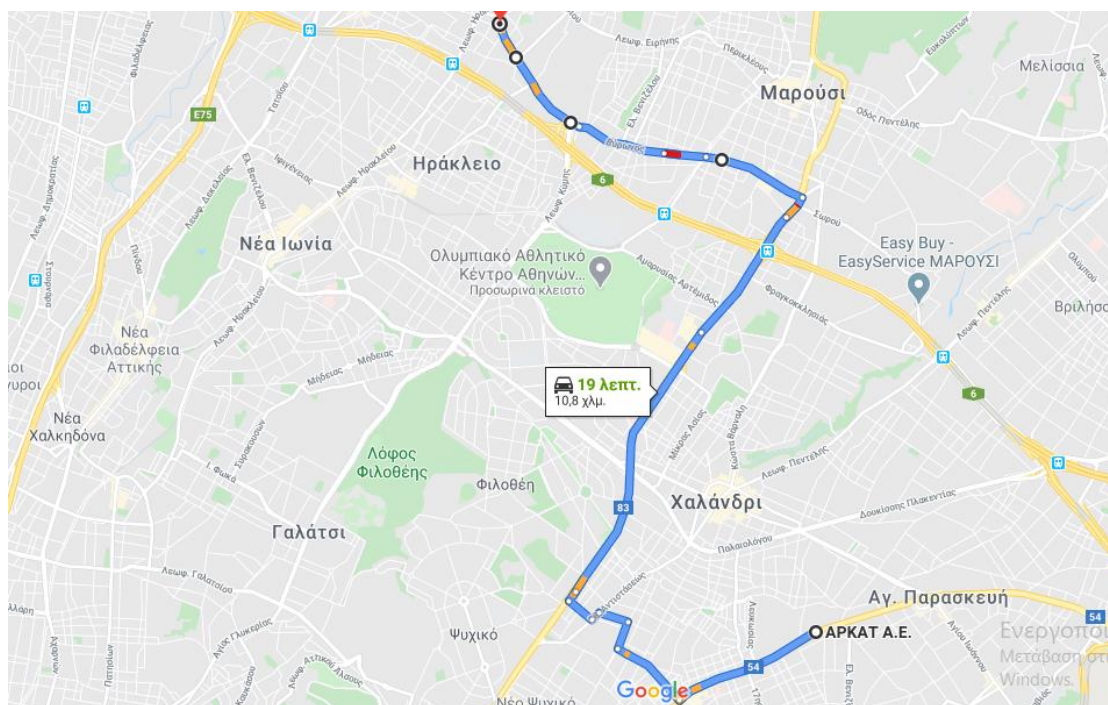
Επιπλέον, η μεθοδολογία που υιοθετήθηκε για μία, όσο το δυνατόν, αντιπροσωπευτική καταγραφή, περιλαμβάνουν την πραγματοποίηση των μετρήσεων πάντα από τον ίδιο οδηγό, με το ιδιωτικό του όχημα, ο οποίος ακολούθησε την γενική ροή της κυκλοφορίας αποφεύγοντάς τον επιθετικό τρόπο οδήγησης καθώς και τις απότομες επιταχύνσεις ή επιβραδύνσεις.

Το συνολικό ημερήσιο μήκος της διαδρομής έφτανε περίπου τα 22 χιλιόμετρα (10,1 χιλιόμετρα το πρωί και 10,8 χιλιόμετρα το μεσημέρι), ενώ το συνολικό μήκος για όλο το πείραμα ήταν περίπου 350 χιλιόμετρα.

Στις Εικόνες Εικόνα 6.1 και Εικόνα 6.2 φαίνονται οι δύο διαδρομές στον χάρτη καθώς και το μήκος της κάθε μίας από αυτές.



Εικόνα 6.1: Διαδρομή 1, Το πρωινό δρομολόγιο του πειράματος μέσω GoogleMaps.



Εικόνα 6.2: Διαδρομή 2, το μεσημεριανό δρομολόγιο του πειράματος μέσω GoogleMaps

7 Αναλυτική μέθοδος καταγραφής δεδομένων κίνησης οχημάτων με την χρήση σύγχρονης τεχνολογίας

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αναφορά στα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν για την καταγραφή των δεδομένων, καθώς και στην αναλυτική καταγραφή δεδομένων κίνησης οχημάτων με την χρήση της σύγχρονης τεχνολογίας.

7.1 Όχημα καταγραφής

Το όχημα που χρησιμοποιήθηκε για την εκτέλεση του πειραματικού μέρους ήταν ένα επιβατικό πενταθέσιο αυτοκίνητο, ιδιωτικής χρήσης (aftokinitos 2015). Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για το μοντέλο Toyota Corolla Hatchback του 2000, Εικόνα 7.1. Λειτουργεί με βενζινοκινητήρα 1.4 VVTi , 94 ίππων (Hr) και σχέση μετάδοσης πέντε ταχυτήτων. Πιο αναλυτικά τα χαρακτηριστικά του οχήματος φαίνονται στον Πίνακα 7-1, (Parkersn.d.).

Πίνακας 7-1: Χαρακτηριστικά του οχήματος καταγραφής

Εκπομπές CO2	162 (γραμμάρια/χιλιόμετρο)
Ευρωπαϊκό πρότυπο εκπομπών καυσαερίων	EURO 2
Αριθμός κυλίνδρων	4 κύλινδροι σε μια γραμμή
Τροφοδοσία καυσίμου	Multi Point Fuel Injection
Αριθμός βαλβίδων	16
Μικτός κύκλος κατανάλωσης καυσίμου	5,69 (λίτρα / 100 χιλιόμετρα)
Ισχύς του κινητήρα	71 KW
Ισχύς του κινητήρα	6000 (σ.α.λ)
Μέγιστη ροπή	130 Nm



Εικόνα 7.1: Toyota Corolla Hatchback

7.2 Συσκευή καταγραφής OBD II

Για την λήψη των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε η συσκευή διάγνωσης βλαβών OBDII (On Board Diagnostics) όπου λειτουργεί για την διάγνωση επί του αυτοκινήτου. Πρόκειται για μία καινοτομία που αναπτύχθηκε από την General Motors το 1981, με σκοπό την εκτέλεση διαγνωστικών δοκιμών στο σύστημα ελέγχου εκπομπής καυσαερίων των οχημάτων, (wikipedia, Διαγνωστικός Έλεγχος Αυτοκινήτου 2020).

Η συσκευή καταγραφής που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη ήταν το KW903 OBD2 OBD-II ELM327 διαγνωστικό Bluetooth για android της KONNWEI, όπως φαίνεται στην Εικόνα 7.2(ideaHELLAS 2020)..

Οι σύγχρονες ενσωματώσεις OBD επιτρέπουν την παροχή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, για την ταχεία αναγνώριση και αποκατάσταση των δυσλειτουργιών στα οχήματα.



Εικόνα 7.2: Η συσκευή καταγραφής OBDII

Τα χαρακτηριστικά της συσκευής OBDII που χρησιμοποιήθηκε είναι τα εξής:

- Μικρό μέγεθος, συμπαγής κατασκευή
- Σταθερή ασύρματη σύνδεση
- Συνδέστε το και μην το αποσυνδέετε ποτέ
- Αυτόματη διακοπή επικοινωνίας μετά από μισή ώρα
- Υποστηρίζει όλα τα πρωτόκολλα OBD-II, ο προσαρμογέας χρησιμοποιεί τα γρηγορότερα και πιο αξιόπιστα ARMτσιπ.
- Volt 12V
- Θερμοκρασία λειτουργίας -20 / +70 °C
- Ευαισθησία RF: -85db
- Λειτουργία διαμόρφωσης: GFSK
- Εύρος Συχνότητων: 2402 – 2480 MHz
- Εύρος μετάδοσης: 10 μέτρα
- Bluetooth: SPP
- Παράμετροι UART: 38400, 8, n, 1

Η συσκευή OBD απαιτεί την χρήση μίας καταγραφικής μονάδας για να λειτουργήσει. Γενικά, η καταγραφική μονάδα εξυπηρετεί δύο λειτουργίες, τόσο για την αποθήκευση των δεδομένων που συλλέγονται από τους αισθητήρες του οχήματος, όσο και την διάθεση επιπλέον αισθητήρων για την καταγραφή δεδομένων που χαρακτηρίζουν την λειτουργία του.

Τα βασικότερα μεγέθη για τα οποία λαμβάνονται μετρήσεις είναι: η ταχύτητα κίνησης, οι στροφές του κινητήρα, η επιτάχυνση, το γεωγραφικό μήκος, κατανάλωση καυσίμου,

θερμοκρασίες κινητήρα και του ψυκτικού υγρού, μέση ταχύτητα ή μέση επιτάχυνση και τέλος το μέσο χρόνο κίνησης η στάσης.

Στην προκειμένη περίπτωση του πειράματος, η συσκευή OBDII συνδέθηκε μέσω τεχνολογίας Bluetooth σε κινητό τηλέφωνο, με λειτουργικό σύστημα android, όπου αρχικά αποθηκεύτηκαν όλες οι μετρήσεις με την χρήση του κατάλληλου λογισμικού. Η εφαρμογή android που χρησιμοποιήθηκε για αυτόν το σκοπό είναι η: Εφαρμογή καταγραφής Torque, που παρουσιάζεται στην επόμενη παράγραφο.

7.3 Εφαρμογή καταγραφής Torque



Η καταγραφή των δεδομένων, όπως προαναφέρθηκε, γίνεται σε κινητό τηλέφωνο με την χρήση κατάλληλου λογισμικού, με τέτοιο τρόπο και σε τέτοια μορφή ώστε αργότερα να υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής τους σε ηλεκτρονικό υπολογιστή για περαιτέρω επεξεργασία. Υπάρχουν πολλές διαθέσιμες εφαρμογές για την διεκπεραίωση του σκοπού αυτού. Στο συγκεκριμένο πείραμα έγινε η χρήση της εφαρμογής Torque, η οποία ήταν σχετικά εύχρηστη και κάλυψε πλήρως τις απαιτήσεις του πειράματος.

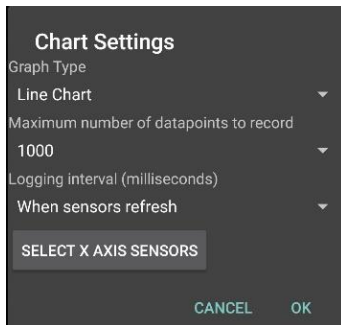
Μετά την επιλογή της εφαρμογής, ακολουθεί η κατάλληλη επιλογή των γενικών ρυθμίσεων στην πλατφόρμα της εφαρμογής, όπως: η καταγραφή και αποστολή των δεδομένων (Data Logging and Upload) και να γίνει η επιλογή των προτιμήσεων που επιθυμεί ο χρήστης για την καταγραφή (Select what to log), που εκεί βρίσκονται όλες οι μετρήσεις που μπορεί να καταγράψει η εφαρμογή καθώς και όλοι οι τύποι δεδομένων που μπορεί να αναγνωρίσει.

Έπειτα, ακολουθεί η δημιουργία ενός αντιπροσωπευτικού προφίλ που περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά του οχήματος καταγραφής. Αυτό έχει ως σκοπό να πραγματοποιηθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια η καταγραφή των μεγεθών στις μετρήσεις του πειράματος. Πιο αναλυτικά, στην επιλογή τύπου οχήματος καταγραφής (Vehicle Type) απαιτείται η χωρητικότητα της μηχανής σε λίτρα (Engine Displacement in Litre), το συνολικό βάρος του οχήματος συμπεριλαμβανομένου και του οδηγού (Total Vehicle Weight including driver), τα καύσιμα (Fuel) κ.α. Επιπλέον, απαιτεί τις μέγιστες στροφές ανά λεπτό του οχήματος (MaxdialRPM), τον τύπο καυσίμου για τον υπολογισμό της απόδοσης του (Fuel Type for MPG Calculation) και την τιμή του καυσίμου(Fuel Cost).

Τέλος, με την ολοκλήρωση της διαδικασίας, ακολουθούν δύο ακόμα επιλογές, οι οποίες υπολογίζονται από την εφαρμογή και συμπληρώνονται αυτόματα από την στιγμή που θα γίνει η επαρκής επιλογή των στοιχείων και γίνει η αποθήκευσή τους. Αυτές οι δυο επιλογές είναι η τρέχουσα στάθμη του καυσίμου(Current Fuel Level) και η συνολική απόσταση που διανύθηκε, όσο ήταν συνδεδεμένη η εφαρμογή Torque.

Μετά το πέρας των ρυθμίσεων του προφίλ του οχήματος, γίνεται η επιλογή στο εικονίδιο της πλατφόρμας με τίτλο γραφήματα(Graphing). Η εφαρμογή διαθέτει την επιλογή

αναπαράστασης οποιασδήποτε μεταβλητής προς μέτρηση σε ψηφιακή μορφή, είτε ως όργανο με δείκτη, είτε ως διάγραμμα μεταβλητής-χρόνου.



Ειδικότερα, για την ρύθμιση των γραφημάτων (ChartSettings), υπάρχουν οι εξής επιλογές: ο τύπος γραφήματος (GraphType), ο μέγιστος αριθμός καταγραφής των δεδομένων (Maximum Number of data points to record), το διάστημα καταγραφής (Logging Interval) και το πιο σημαντικό της επιλογής των δεδομένων των αξόνων(Select x Axis Sensors) όπως ενδεικτικά η ταχύτητα, η επιτάχυνση, η κατανάλωση ακόμα και το κόστος καυσίμου. Εν ολίγοις πρόκειται για τις μεταβλητές που θα καταγραφούν από την εφαρμογή για το πείραμα και θα αποθηκευτούν σε αρχείο για την επεξεργασία.

Τα δεδομένα που μετρούσε και κατέγραφε για την κάθε μεταβλητή η συσκευή, αποθηκευόντουσαν αυτόματα στην μνήμη της. Για την συλλογή τους δημιουργείται ένας φάκελος με όνομα “track Log”, όπου έχουν όλα τα δεδομένα που καταγράφει η συσκευή σε ένα αρχείο μορφής excel.

Το αρχείο καταγραφής των δεδομένων, στην πρωτότυπη του μορφή, όπως φαίνεται στην Εικόνα 7.3, έχει όλες τις τιμές διαδοχικά τη μία μετά την άλλη καθώς και τις ημερομηνίες καταγραφής. Τα παραπάνω δεδομένα δεν είχαν την κατάλληλη μορφή. Όμως με τις κατάλληλες αυτόματες εντολές τις οποίες διαθέτει το excel, όπως και με χειροκίνητες επεξεργασίες το αρχείο έλαβε μια μορφή πίνακα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 7.4.

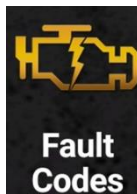
Device Time	Absolute Throttle Position B[%]	Air Fuel Ratio(Measured)(:1)	Ambient air temp(°C)	Android device Battery Level(%)	CO ₂ , in g/km (Instantaneous)(g/km)	DPF Pressure(psi)	DPF Temperature(°C)	E
17486	08-ΞΙΟ,-2019 07:33:34.232,-,100,-,42,-,1080,-,0.27011368,0.00045938,-,4,-,12.97435856,-,3.3599999,-,0.10.1960783,-,130.65682983,0,0							
17487	08-ΞΙΟ,-2019 07:33:35.220,-,100,-,42,-,1080,-,0.27011368,0.00045938,-,5,-,12.97435856,-,3.3599999,-,0.10.1960783,-,130.65682983,0,0							
17488	08-ΞΙΟ,-2019 07:33:36.226,-,100,-,42,-,1080,-,0.27011368,0.00045938,-,5,-,12.97435856,-,3.3599999,-,0.10.1960783,-,130.65682983,0,0							
17489	08-ΞΙΟ,-2019 07:33:37.221,-,100,-,42,-,1080,-,0.27011368,0.00045938,-,4,-,12.97435856,-,3.3599999,-,0.10.1960783,-,130.65682983,0,0							
17490	08-ΞΙΟ,-2019 07:33:38.231,-,100,-,42,-,1080,-,0.27011368,0.00045938,-,4,-,12.97435856,-,3.3599999,-,3.73063731,0,10.1960783,-,130.65682983,0,0							
17491	08-ΞΙΟ,-2019 07:33:39.229,-,100,-,42,-,1080,-,0.27011368,0.00045938,-,4,-,12.97435856,-,3.3599999,-,3.73063731,0,10.1960783,-,130.65682983,0,0							
17492	08-ΞΙΟ,-2019 07:33:40.224,-,100,-,42,-,1080,-,0.27011368,0.00045938,-,4,-,12.97435856,-,3.3599999,-,8.73173332,0,10.1960783,-,130.65682983,0,0							
17493	08-ΞΙΟ,-2019 07:33:41.221,-,100,-,43,-,1080,-,0.27011368,0.00045938,-,4,-,12.97435856,-,3.3599999,-,8.73173332,0,10.1960783,-,130.65682983,1,0							
17494	08-ΞΙΟ,-2019 07:33:42.230,-,100,-,43,-,1040,-,0.27011368,0.00045938,-,251.09773254,0,38.06019974,23.77599525,5,2.26826668,12.97345543,20.92731857,5,100,0,0,-,8.73173332,11,10.1960783,-,11,10.0							
17495	08-ΞΙΟ,-2019 07:33:43.221,-,100,-,43,-,1040,-,0.27011368,0.00045938,-,241.51553345,0,38.06042862,23.77592468,6,2.26826668,12.97345543,20.92731857,5,100,0,0,-,10.54662895,11,10.1960783,11,10							
17496	08-ΞΙΟ,-2019 07:33:44.218,-,100,-,43,-,1040,-,0.27011368,0.00045938,-,261.68807983,0,38.05988693,23.77649879,8,2.26826668,12.97345543,20.92731857,5,100,0,0,-,5.93705273,11,10.1960783,11,10.0							
17497	08-ΞΙΟ,-2019 07:33:45.222,-,100,-,43,-,1040,-,0.27011368,0.00045938,-,257.68887329,0,38.05995178,23.77641869,8,2.26826668,12.97345543,20.92731857,5,100,0,0,-,0.39367589,11,10.1960783,11,10.0							
17498	08-ΞΙΟ,-2019 07:33:46.220,-,100,-,43,-,1.19054484,-,1040,-,0.27011368,0.00045938,-,254.74128723,194.50660706,38.05987167,23.77650452,9,2.26826668,12.97345543,20.92731857,5,88.03179169,0,11.96820927,-,ε							
17499	08-ΞΙΟ,-2019 07:33:47.217,-,100,-,43,-,1040,-,0.27011368,0.00045938,-,255.64242554,182.32946663,38.0598793,23.77648735,9,2.26826668,12.97345543,20.92731857,5,86.42449951,0,13.57550049,-,4.52542114,:							
17500	08-ΞΙΟ,-2019 07:33:48.220,-,100,-,43,-,1.19054484,-,1040,-,0.27011368,0.00045938,-,254.358078,197.69815063,38.05984116,23.77651215,9,2.26826668,12.97262859,18.2682991,3.80999994,89.7178421,0,10.28215694,							
17501	08-ΞΙΟ,-2019 07:33:49.221,-,100,-,45,-,1.83723652,-,1200,-,0.27011368,0.00045938,-,256.93167114,198.21842957,38.05980682,23.77647591,8,0.75012875,12.97262859,18.2682991,3.80999994,90.34144592,0,9.658555,							
17502	08-ΞΙΟ,-2019 07:33:50.220,-,100,-,45,-,1.83723652,-,1200,-,0.27011368,0.00045938,-,255.66717529,200.5617218,38.05978394,23.77647972,9,0.75012875,12.97262859,18.2682991,3.80999994,91.1080246,0,8.89197636,							
17503	08-ΞΙΟ,-2019 07:33:51.221,-,100,-,45,-,1.83723652,-,1200,-,0.27011368,0.00045938,-,254.00111389,215.62582397,38.05976105,23.77648354,9,0.75012875,12.97262859,18.2682991,3.80999994,91.83803558,0,8.161964,							
17504	08-ΞΙΟ,-2019 07:33:52.218,-,100,-,45,-,1.83723652,-,1200,-,0.27011368,0.00045938,-,251.96058655,225.18278503,38.05973816,23.77648926,10,0.75012875,12.97262859,18.2682991,3.80999994,92.44057465,0,7.55942,							
17505	08-ΞΙΟ,-2019 07:33:53.220,-,100,-,45,-,1.83723652,-,1200,-,0.27011368,0.00045938,-,249.23666382,226.62922668,38.05971527,23.77648735,10,0.75012875,12.97262859,18.2682991,3.80999994,92.96316528,0,7.03683,							
17506	08-ΞΙΟ,-2019 07:33:54.220,-,100,-,45,-,1.83723652,-,1200,-,0.27011368,0.00045938,-,249.16044617,224.25183105,38.05968857,23.77646828,10,0.75012875,12.97262859,18.2682991,3.80999994,93.4122467,0,6.587750,							
17507	08-ΞΙΟ,-2019 07:33:55.218,-,100,-,45,-,1.83723652,-,1200,-,0.27011368,0.00045938,-,249.73425293,219.12786865,38.05965424,23.77645874,11,0.75012875,12.97262859,18.2682991,3.80999994,93.81231689,0,6.18768,							
17508	08-ΞΙΟ,-2019 07:33:56.221,-,100,-,45,-,1200,-,0.27011368,0.00045938,-,255.28657532,225.42292786,38.05963516,23.77645302,12,0.75012875,12.97262859,18.2682991,3.80999994,94.20781708,0,5.79218292,-,8.1							
17509	08-ΞΙΟ,-2019 07:33:57.220,-,100,-,45,-,1160,-,0.27011368,0.00045938,-,254.50524902,212.93896484,38.05963898,23.77644157,12,0.44261742,12.97186447,16.54455948,3.6400001,92.86788771,0,7.13211584,-,3.5:							

Εικόνα 7.3: Πρωτότυπη μορφή αρχείου Excel καταγραφής δεδομένων

17486	Device Time	Device Time	Android device Battery Level(%)	Engine kW (At the wheels)(kW)	Engine RPM(rpm)	Fuel flow rate(hour)(gal/hr)	Fuel used (trip)(gal)	GPS Altitude(m)	GPS Bearing(°)
17487	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:33:34 πμ	100	-		1080	0,27011368	0,00049938	-
17488	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:33:35 πμ	100	-		1080	0,27011368	0,00049938	-
17489	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:33:36 πμ	100	-		1080	0,27011368	0,00049938	-
17490	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:33:37 πμ	100	-		1080	0,27011368	0,00049938	-
17491	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:33:38 πμ	100	-		1080	0,27011368	0,00049938	238,4951019
17492	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:33:39 πμ	100	-		1080	0,27011368	0,00049938	238,4951019
17493	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:33:40 πμ	100	-		1080	0,27011368	0,00049938	251,0977325
17494	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:33:41 πμ	100	-		1080	0,27011368	0,00049938	251,0977325
17495	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:33:42 πμ	100	1,09210598	1040	0,27011368	0,00049938	251,0977325	0
17496	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:33:43 πμ	100	1,09210598	1040	0,27011368	0,00049938	241,5155335	0
17497	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:33:44 πμ	100	1,09210598	1040	0,27011368	0,00049938	261,6880798	0
17498	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:33:45 πμ	100	1,09210598	1040	0,27011368	0,00049938	257,6888733	0
17499	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:33:46 πμ	100	1,09210598	1040	0,27011368	0,00049938	257,0671692	0
17500	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:33:47 πμ	100	-		1040	0,27011368	0,00049938	255,6424255
17501	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:33:48 πμ	100	1,19054484	1040	0,27011368	0,00049938	254,7412872	194,5066071
17502	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:33:49 πμ	100	1,19054484	1040	0,27011368	0,00049938	254,358078	197,6981506
17503	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:33:50 πμ	100	1,83723652	1200	0,27011368	0,00049938	256,8916711	198,2184296
17504	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:33:51 πμ	100	1,83723652	1200	0,27011368	0,00049938	255,6671753	200,5617218
17505	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:33:52 πμ	100	1,83723652	1200	0,27011368	0,00049938	254,0011139	215,625824
17506	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:33:53 πμ	100	1,83723652	1200	0,27011368	0,00049938	251,9605866	225,182739
17507	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:33:54 πμ	100	1,83723652	1200	0,27011368	0,00049938	249,2366558	226,620267
17508	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:33:55 πμ	100	1,83723652	1200	0,27011368	0,00049938	249,1604462	224,2518311
17509	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:33:56 πμ	100	1,83723652	1200	0,27011368	0,00049938	249,3741529	219,1278687
17510	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:33:57 πμ	100	-		1200	0,27011368	0,00049938	252,286573
17511	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:33:58 πμ	100	-		1160	0,27011368	0,00049938	254,505249
17512	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:33:59 πμ	100	-		1160	0,27011368	0,00049938	256,8878784
17513	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:34:00 πμ	100	-		1160	0,02947041	0,00097925	256,8878784
17514	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:34:01 πμ	100	-		1200	0,02947041	0,00097925	256,8878784
17515	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:34:02 πμ	100	-		1200	0,36577898	0,00090492	256,8878784
17516	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:34:03 πμ	100	-		1120	0,36577898	0,00090492	256,8878784
17517	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:34:04 πμ	100	-		1120	0,36577898	0,00090492	256,8878784
17518	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:34:05 πμ	100	-		1120	0,27815282	0,00107521	256,8878784
17519	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:34:06 πμ	100	-		1120	0,27815282	0,00107521	256,8878784
17520	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:34:07 πμ	100	0,78527713	1040	0,39391593	0,00131244	256,8878784	286,4694824
17521	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:34:08 πμ	100	0,78527713	1040	0,39391593	0,00131244	257,1949497	254,191864
17522	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:34:09 πμ	100	0,78527713	1720	0,53138441	0,00164588	255,4615173	254,191864
17523	Τρίτη, 8 Οκτωβρίου 2019	7:34:10 πμ	100	1,00421357	1720	0,53138441	0,00164588	259,2821096	254,191864

Εικόνα 7.4: Επεξεργασμένη μορφή αρχείου Excel καταγραφής δεδομένων σε μορφή πίνακα

Η εφαρμογή Torque, εκτός από την καταγραφή και συλλογή δεδομένων, δίνει την δυνατότητα της άμεσης διάγνωσης της κατάστασης του οχήματος. Αυτό επιτυγχάνετε με δύο τρόπους: Αρχικά με την δυνατότητα που δίνεται από την εφαρμογή μέσω του (Real time information), όπου σε πραγματικό χρόνο σε ενημερώνει για την κατάσταση της διαδρομής και με την επιλογή του (Fault Codes), η οποία εάν έχουν γίνει οι σωστές ρυθμίσεις, θα εμφανιστεί η ένδειξη της σωστής λειτουργίας ή θα εμφανιστεί ένδειξη με τον αντίστοιχο κώδικα που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο κωδικό βλάβης. Ένα τέτοιο παράδειγμα φαίνεται στην Εικόνα 7.5.



Εικόνα 7.5: Κωδικός Σφάλματος

8 Ανάλυση δεδομένων με σκοπό την καταγραφή της κατάστασης της κίνησης

Στα πλαίσια του πειράματος πραγματοποιήθηκαν διαδρομές. Στην εκάστοτε διαδρομή δημιουργείται ένα υπολογιστικό φύλλο εργασίας Excel για όλες τις μετρήσεις που έχουν επιλεχθεί για καταγραφή ανά διαδρομή. Η εφαρμογή που αναφέρθηκε παραπάνω δίνει την δυνατότητα να αποσταλεί το συγκεκριμένο φύλλο μέσω του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου είτε αυτόματα, μετά το πέρας κάθε διαδρομής, είτε χειροκίνητα ώστε να ξεκινήσει η διαδικασία της επεξεργασίας των δεδομένων με την χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Αξίζει να σημειωθεί μια λεπτομέρεια άκρως σημαντική για την αποφυγή εισαγωγής τιμών οι οποίες δεν είναι αντιπροσωπευτικές. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι να επιλεγούν όλες οι τιμές των δεδομένων, ώστε να γίνει η ορθή αντικατάσταση όπου υπάρχει κόμμα ή τελεία. Η αντικατάσταση αυτή μπορεί να γίνει είτε στο φύλλο Excel είτε σε οποιοδήποτε αρχείο Word, με την ορθή χρήση των κατάλληλων εντολών. Η διαδικασία αυτή είναι αναγκαία διότι το υπολογιστικό φύλλο εργασίας Excel που καταγράφει τις μετρήσεις αδυνατεί να αναγνωρίσει το κόμμα ως σύμβολο.

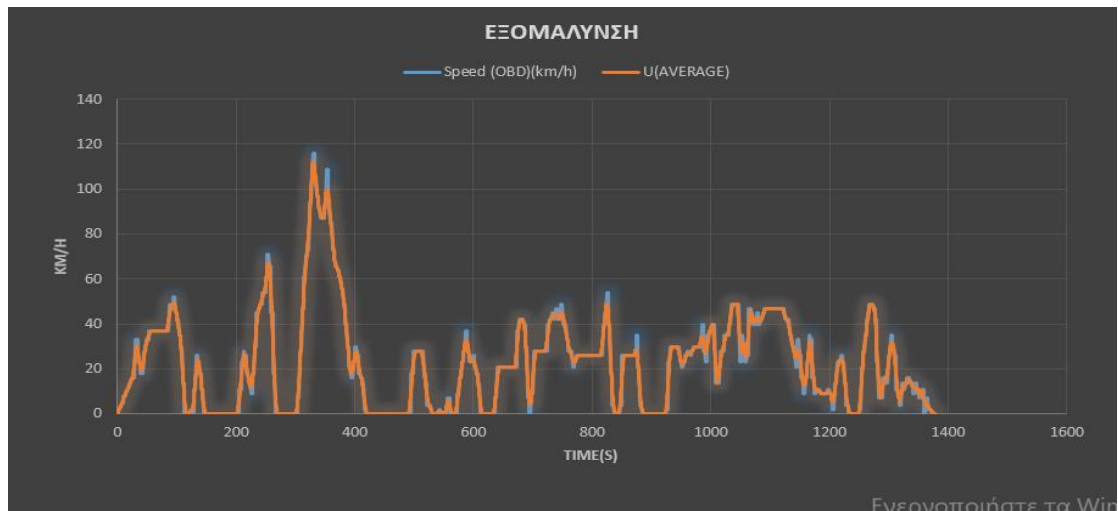
Με το πέρας κάθε διαδρομής, προκύπτουν δεδομένα για τις μεταβλητές που έχουν επιλεχθεί για μέτρηση. Μερικές μεταβλητές οι οποίες χρήζουν ανάλυσης είναι η ταχύτητα η οποία θα πρέπει να μετατραπεί σε χιλιόμετρα ανά ώρα (Km/h) εάν δεν είναι σε αυτή την μονάδα μέτρησης η μεταβλητή η οποία έχει καταγραφεί. Η ταχύτητα είναι η μοναδική μεταβλητή που στο συγκεκριμένο πείραμα συλλέγεται με δύο τρόπους, από την διαγνωστική συσκευή OBDII αλλά και με το σύστημα GPS του κινητού τηλεφώνου που λειτουργεί ως καταγραφική συσκευή. Όλες οι άλλες μετρήσεις γίνονται κατά αποκλειστικότητα από την διαγνωστική συσκευή και περιλαμβάνει τις στροφές του κινητήρα (RPM), την κατανάλωση (Km/L), την θερμοκρασία του κινητήρα (°C), την θέση του πεταλιού (Manifold %) και τις εκπομπές σε διοξείδιο του άνθρακα (g/km).

8.1 Εξομάλυνση Ταχύτητας

Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα, όπως και με μαθηματικούς υπολογισμούς, πραγματοποιείται η πρώτη επεξεργασία που αφορά την εξομάλυνση της ταχύτητας. Αυτό γίνεται ώστε να προκύψει μία πιο ομαλή ροή σε περιπτώσεις που υπάρχουν έντονες διακυμάνσεις. Για την επεξεργασία αυτή χρησιμοποιήθηκαν οι μετρήσεις της συσκευής OBDII διότι ήταν πιο ακριβείς από τις μετρήσεις του GPS και αυτές οι μετρήσεις επιλέχθηκαν για την ανάλυση του πειραματικού μέρους.

Έπειτα, έγινε η επεξεργασία της τελικής ταχύτητας. Για τον υπολογισμό της τελικής ταχύτητας χρησιμοποιούνται οι τιμές που είναι μεγαλύτερες των τριών χιλιομέτρων, διότι πρακτικά το όχημα θεωρείται ακίνητο, αν έχει ταχύτητα μικρότερη από τρία χιλιόμετρα. Μετά από την επεξεργασία της τελικής ταχύτητας, με τις τιμές που προκύπτουν υπολογίζεται η επιτάχυνση και η επιβράδυνση της ταχύτητας, όπως επίσης και οι μέσες τιμές τους ανά διαδρομή.

Τέλος, πραγματοποιήθηκαν ακόμα μερικοί υπολογισμοί, όπως: οι μέσες τιμές της ταχύτητας, η μέση ταχύτητα χωρίς στάση, οι στάσεις σε κάθε διαδρομή και το ποσοστό επί τοις εκατό για την στάση και την κίνηση στον δρόμο.



Εικόνα 8.1: Διάγραμμα Ταχύτητας-Εξομάλυνσης Ταχύτητας

Στην Εικόνα 8.1 φαίνεται το διάγραμμα της ταχύτητας/ εξομάλυνσης ταχύτητας και στην Εικόνα 8.2 φαίνεται ένα αντίστοιχο παράδειγμα σε πίνακα δεδομένων ταχύτητας και εξομάλυνσης.

Σύμφωνα με τα δεδομένα που καταγράφηκαν και υπολογίστηκαν κατά την πειραματική διαδικασία δίνεται η δυνατότητα δημιουργίας γραφικών παραστάσεων, ένα αρκετά σημαντικό εργαλείο. Αφενός λόγω του ότι η απεικόνιση με τις γραφικές παραστάσεις δίνει μια σαφή εικόνα και αφετέρου γίνεται πιο κατανοητή η κυκλοφοριακή κατάσταση της πόλης ανά ημέρα. Επιπλέον, δίνεται η δυνατότητα της άμεσης σύγκρισης των τιμών για την δημιουργία ενός αντιπροσωπευτικού προφίλ ταχύτητας για το οδικό δίκτυο όπου έγινε το πείραμα.

	A	B	C	D	E	F
1						
2	Speed (OBD)(km/h)	U(AVERAGE)	U(FINAL)	U(m/s)	A(ACCELERATION)	A>0
3	2	2	0	0	0	
4	2	3	0	0	0	
5	2	3	0	0	0	
6	3	3	3	1	1	0,912698
7	3	4	4	1	0	0,119048
8	3	5	5	1	0	0,238095
9	5	5	5	1	0	0,198413
10	5	6	6	2	0	0,198413
11	5	7	7	2	0	0,198413
12	8	7	7	2	0	0,198413
13	8	8	8	2	0	0,198413
14	8	9	9	2	0	0,198413
15	8	9	9	3	0	0,15873
16	10	10	10	3	0	0,15873
17	10	11	11	3	0	0,15873
18	10	11	11	3	0	0,238095
19	12	12	12	3	0	0,15873
20	12	13	13	4	0	0,198413
21	12	13	13	4	0	0,198413
22	14	14	14	4	0	0,119048
23	14	14	14	4	0	0,15873
24	15	15	15	4	0	0,15873
25	15	15	15	4	0	0,079365
26	15	16	16	4	0	0,079365

Εικόνα 8.2: Παράδειγμα τελικών τιμών ταχύτητας και εξομάλυνσης

Ο συγκεντρωτικός πίνακας που ακολουθεί, Πίνακας 8-1, παρουσιάζει τους μέσους όρους, το ποσοστό στάσεων καθώς και τον αριθμό στάσεων που έχουν υπολογιστεί για κάθε ολοκληρωμένη διαδρομή. Κάθε δύο σειρές τιμών προκύπτει μία ημέρα μετρήσεων ,διότι η πρώτη σειρά περιέχει τις τιμές της πρωινής διαδρομής και η δεύτερη της απογευματινής. Επιπλέον, κάθε ημέρα της εβδομάδος απεικονίζεται με διαφορετικό χρώμα ώστε να είναι ευδιάκριτο. Τέλος τα στοιχεία του συγκεντρωτικού πίνακα θα αναλυθούν περαιτέρω και θα περιγράφουν εκτενέστερα με διαγράμματα στις παραγράφους που ακολουθούν.

Πίνακας 8-1: Συγκεντρωτικός Πίνακας Μέσων Όρων, Ποσοστό Στάσης και Αριθμός Στάσεων

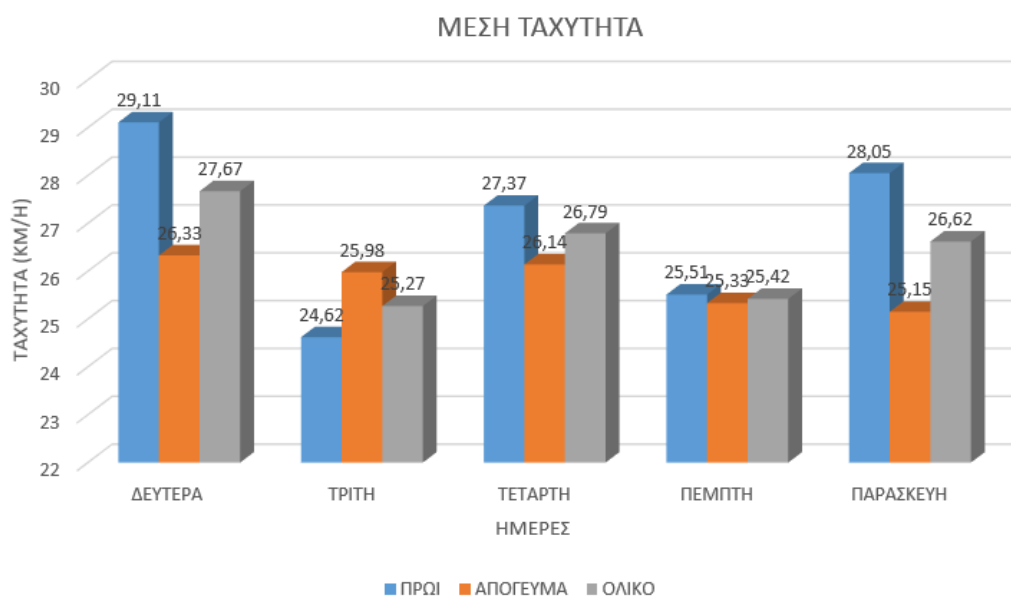
ΗΜΕΡΕΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ(sec)	Μ.Ο.Τ(km/h)	Υ ΤΕΛΙΚΟ(km/h)	Μ.Τ.Χ.ΣΤ.(km/h)	ΜΕΣΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ(m/s ²)	ΜΕΣΗ ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΣΗ(m/s ²)	ΣΤΑΣΗ(%)	ΣΤΑΣΕΙΣ
ΤΡΙΤΗ	8-Οκτ	1	1620	21,11	21	30,09390322	0,224323663	-0,244659546	29,75	17
ΤΡΙΤΗ	8-Οκτ	2	990	26,68	26,68	33,72424672	0,204789038	-0,213550066	21,52	14
ΤΕΤΑΡΤΗ	9-Οκτ	3	1320	26,75	26,67	32,26966943	0,378937413	-0,382028219	16,74	12
ΤΕΤΑΡΤΗ	9-Οκτ	4	1080	30,85	30,78	36,85873284	0,166912945	-0,169113622	10,83	8
ΔΕΥΤΕΡΑ	14-Οκτ	5	990	30,02	29,93	34,94599515	0,343174603	-0,39028766	13,94	10
ΔΕΥΤΕΡΑ	14-Οκτ	6	1200	30,02	21,79	30,88093559	0,347761043	-0,61608026	29,58	15
ΤΡΙΤΗ	15-Οκτ	7	1320	26,04	25,91	31,88313678	0,523510033	-0,257377074	18,64	16
ΤΡΙΤΗ	15-Οκτ	8	1350	25,98	25,84	31,82883523	0,246158505	-0,257098144	18,30	14
ΤΕΤΑΡΤΗ	16-Οκτ	9	1260	26,96	26,89	32,93179694	0,294380706	-0,282131557	18,33	8
ΤΕΤΑΡΤΗ	16-Οκτ	10	1200	24,13	24,03	30,94561021	0,319618782	-0,343063872	20,42	14
ΠΕΜΠΤΗ	17-Οκτ	11	1020	32,44	32,38	37,33214932	0,349733775	-0,344286209	13,82	9
ΠΕΜΠΤΗ	17-Οκτ	12	1320	25,34	25,25	31,86046259	0,36378654	-0,367108792	20,83	18
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	18-Οκτ	13	1260	28,87	28,77	33,73135356	0,327547875	-0,350500135	13,73	12
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	18-Οκτ	14	1010	24,96	24,87	32,75000692	0,243040386	-0,252347722	21,58	10
ΔΕΥΤΕΡΑ	21-Οκτ	15	1140	28,55	28,41	33,9212339	0,342252999	-0,332116586	16,23	11
ΔΕΥΤΕΡΑ	21-Οκτ	16	1080	31,68	31,58	36,56780688	0,392383865	-0,367545745	13,15	8
ΤΡΙΤΗ	22-Οκτ	17	1722	26,72	26,65	31,31082291	0,249373065	-0,27467575	10,92	16
ΤΡΙΤΗ	22-Οκτ	18	1110	29,49	29,41	34,62221886	0,204789038	-0,213550066	15,05	12
ΤΕΤΑΡΤΗ	23-Οκτ	19	1200	27,49	27,42	33,65904949	0,318087138	-0,360586383	19,33	11
ΤΕΤΑΡΤΗ	23-Οκτ	20	1565	21,23	21,05	30,5428842	0,239824325	-0,243452618	30,42	19
ΠΕΜΠΤΗ	24-Οκτ	21	1500	23,04	22,95	30,49236928	0,164981606	-0,174453557	25,00	17
ΠΕΜΠΤΗ	24-Οκτ	22	1530	25,02	24,93	32,00870748	0,30209789	-0,322869397	19,48	17
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	25-Οκτ	23	1050	31,58	31,52	35,46965251	0,334331716	-0,353468548	11,05	8
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	25-Οκτ	24	1260	26,01	25,91	33,98829849	0,371572872	-0,389266818	24,37	19
ΤΡΙΤΗ	29-Οκτ	25	1080	26,05	25,95	30,26358789	0,157690547	-0,161622627	14,91	12
ΤΡΙΤΗ	29-Οκτ	26	1320	22,85	22,79	28,06161445	0,146250599	-0,142227564	19,24	12
ΤΕΤΑΡΤΗ	30-Οκτ	27	1110	28,75	28,66	37,50320285	0,248277197	-0,270368262	23,42	11
ΤΕΤΑΡΤΗ	30-Οκτ	28	1320	32,77	32,71	36,99922021	0,363767438	-0,36859354	10,39	7
ΠΕΜΠΤΗ	31-Οκτ	29	1320	23,11	23,03	30,2247038	0,213690677	-0,222013367	24,85	14
ΠΕΜΠΤΗ	31-Οκτ	30	1200	25,9	25,84	29,93681214	0,315397963	-0,329197407	13,92	8
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	1-Νοε	31	2040	24,97	24,92	36,00383558	0,199648602	-0,204820846	21,52	9
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	1-Νοε	32	1320	24,71	24,62	31,14457113	0,275042597	-0,292563339	21,36	14

8.2 Μέση Ταχύτητα

Με την ανάλυση του Πίνακα 8-1 για την μέση ταχύτητα, προκύπτει ότι διαχωρίζεται ανά ημέρα σε δύο διαδρομές, την πρωινή και την απογευματινή. Τα συγκεκριμένα στοιχεία εάν εισαχθούν για την δημιουργία διαγράμματος προκύπτει ο Πίνακας 8-2 και το Διάγραμμα 8.1.

Πίνακας 8-2: Τιμές Μέσων Όρων Ταχύτητας

ΚΜ/Η	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΡΙΤΗ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
ΠΡΩΙ	29,11	24,62	27,37	25,51	28,05
ΑΠΟΓΕΥΜΑ	26,33	25,98	26,14	25,33	25,15
ΟΛΙΚΟ	27,67	25,27	26,79	25,42	26,62



Διάγραμμα 8.1: Μέσοι όροι ταχύτητας

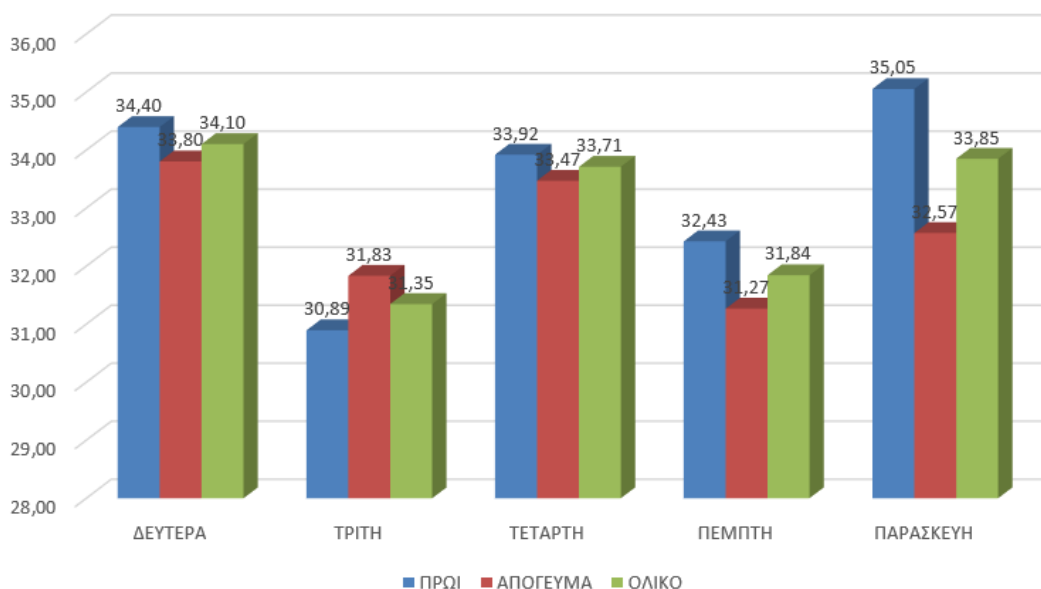
Με την βοήθεια του διαγράμματος γίνεται ευκολότερη η σύγκριση των ταχυτήτων μεταξύ τους. Πιο συγκεκριμένα, το διάγραμμα απεικονίζει τις διακυμάνσεις, αν και δεν υπάρχουν σε μεγάλο βαθμό, με εξαίρεση τις ταχύτητες της Δευτέρας. Σημειωτέων, η Δευτέρα είναι η πρώτη μέρα της εβδομάδας και η κίνηση είναι πιο αυξημένη και λόγω ότι η μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε κεντρικές αρτηρίες της Αθήνας, αυτό ίσως επηρέασε σε κάποιο βαθμό τις μετρήσεις.

Έπειτα, μια ακόμα ανάλυση που πραγματοποιείται είναι για την μέση ταχύτητα χωρίς στάσεις. Αυτό προκύπτει με την εξαίρεση των ταχυτήτων που είναι ίσες με 0 km/h, Πίνακας 8-3. Η απεικόνιση του διαγράμματος δείχνει την συνεχή κίνηση του οχήματος καταγραφής καθ' όλη την διάρκεια των διαδρομών. Όπως είναι αναμενόμενο, οι ταχύτητες που παρουσιάζονται σε αυτήν την ανάλυση είναι υψηλότερες.

Πίνακας 8-3: Μέσος όρος ταχύτητας χωρίς στάσεις

Μ.Ο.Τ.Χ.Σ	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΡΙΤΗ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
ΠΡΩΙ	34,40	30,89	33,92	32,43	35,05
ΑΠΟΓΕΥΜΑ	33,80	31,83	33,47	31,27	32,57
ΟΛΙΚΟ	34,10	31,35	33,71	31,84	33,85

ΜΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΧΩΡΙΣ ΣΤΑΣΕΙΣ



Διάγραμμα 8.2: Μέση ταχύτητα χωρίς στάσεις

Μετά τον υπολογισμό της μέσης ταχύτητας, ακολουθεί ο υπολογισμός των τιμών της επιτάχυνσης και της επιβράδυνσης. Για να πραγματοποιηθεί αυτό βέβαια πρέπει να μετατραπεί η ταχύτητα από χιλιόμετρα ανά ώρα (km/h) σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m/s). Έπειτα, για κάθε τιμή της ταχύτητας αφαιρείται η επόμενη από την προηγούμενη στην σειρά των μετρήσεων. Από την τιμή που προκύπτει εάν είναι θετικό αριθμός, τότε πρόκειται για επιτάχυνση αλλιώς πρόκειται για επιβράδυνση. Ένα τέτοιο παράδειγμα παρουσιάζεται στην Εικόνα 8.3.

ΠΕΜΠΤΗ	17-Οκτ		ΠΕΜΠΤΗ		24-Οκτ	
ΠΡΩΙ	ΑΠΟΓΕΥΜΑ		ΠΡΩΙ	ΑΠΟΓΕΥΜΑ		
A(ACCELERATION)	A(ACCELERATION)		A(ACCELERATION)	A(ACCELERATION)		
0,888888889	0,88888889	0,88888889	10,05555556	10,05555556	0	
0,083333333	0,08333333	0,08333333	-0,055555556	-0,055555556	0	
0,257936508	0,25793651	0,05952381	-0,03968254	-0,03968254	0	
0,317460317	0,31746032	0,119047619	0,476190476	0,47619048	0	
0,317460317	0,31746032	0,119047619	0,476190476	0,47619048	0	
0,555555556	0,55555556	0,158730159	0,476190476	0,47619048	0	
0,436507937	0,43650794	0,03968254	0,555555556	0,555555556	0	
0,436507937	0,43650794	0,079365079	0,555555556	0,555555556	0,873015873	
0,436507937	0,43650794	0,079365079	0,555555556	0,555555556	0,436507937	
0,238095238	0,23809524	0,079365079	0,555555556	0,555555556	0,436507937	
0,238095238	0,23809524	0,198412698	0	0	0,436507937	
0,238095238	0,23809524	0,198412698	0	0	0,436507937	
0	0	0,158730159	0	0	0,436507937	
0	0	0,158730159	0	0	0	
-0,277777778	-0,27777778	0,119047619	0	0	0	
-0,277777778	-0,27777778	0,158730159	0	0	0,119047619	
-0,277777778	-0,27777778	0,158730159	0	0	0,119047619	

Εικόνα 8.3: Δείγμα από τα δεδομένα του υπολογισμού της επιτάχυνσης και της επιβράδυνσης καθώς και ο διαχωρισμός τους

8.3 Επιτάχυνση-Επιβράδυνση

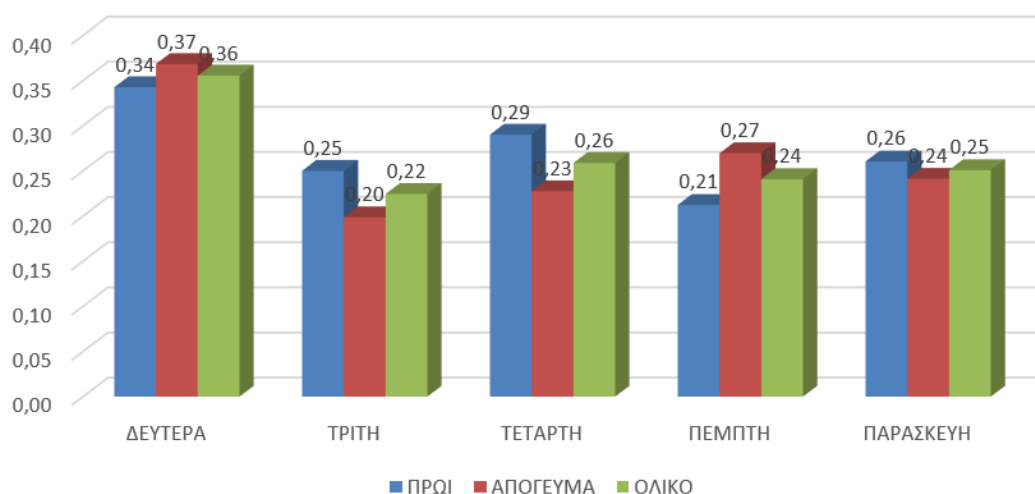
Όπως φαίνεται και στον πίνακα της Εικόνα 8.3, αφού υπολογίστηκαν οι τιμές πραγματοποιείται ο διαχωρισμός της επιτάχυνσης και της επιβράδυνσης. Αυτό γίνεται με τρεις στήλες, η μία που απεικονίζεται με ροζ ή μπλε που είναι η περίοδος που έγινε η

μέτρηση, η δεύτερη που απεικονίζεται με πράσινο χρώμα που απεικονίζει την επιτάχυνση και η τρίτη στήλη απεικονίζει την επιβράδυνση με κίτρινο χρώμα. Όλα τα παραπάνω γίνονται ώστε να γίνει ο υπολογισμός της μέσης επιτάχυνσης και της μέσης επιβράδυνσης με σκοπό την καλύτερη απεικόνιση και κατανόηση των διακυμάνσεων.

Πίνακας 8-4: Δεδομένα μέσης επιτάχυνσης σε m/s^2

ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΡΙΤΗ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
ΠΡΩΙ	0,34	0,25	0,29	0,21	0,26
ΑΠΟΓΕΥΜΑ	0,37	0,20	0,23	0,27	0,24
ΟΛΙΚΟ	0,36	0,22	0,26	0,24	0,25

ΜΕΣΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ



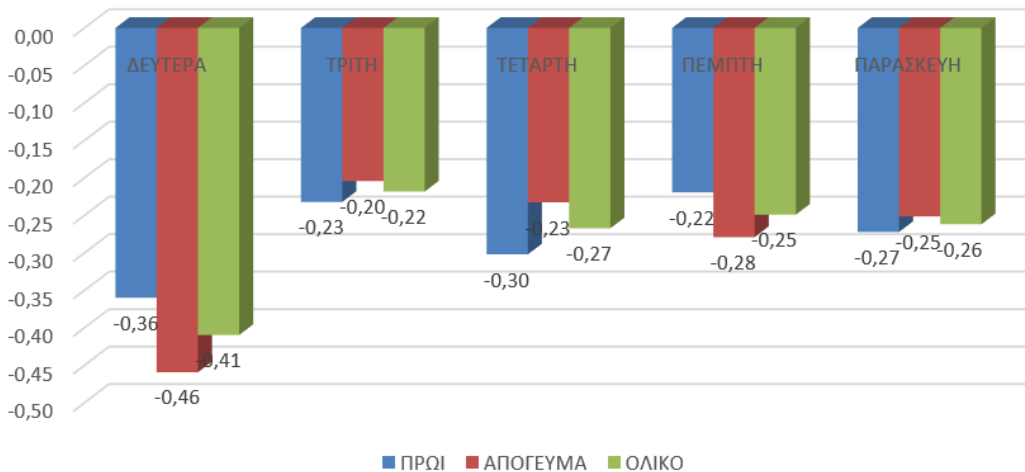
Διάγραμμα 8.3: Διάγραμμα Μέσης Επιτάχυνσης(m/s^2)

Η μέση επιτάχυνση απεικονίζεται με σχετικά ομαλές διακυμάνσεις καθόλη τη διάρκεια της εβδομάδας των μετρήσεων (Διάγραμμα 8.3 και Πίνακας 8-4), με εξαίρεση της αισθητής διαφοράς της ημέρας Δευτέρας. Αυτό προκύπτει διότι είναι η πρώτη μέρα της εβδομάδας και η κίνηση είναι πιο αυξημένη, κι έτσι υπάρχουν πιο έντονες αυξομειώσεις ταχύτητας και κατά συνέπεια κι επιτάχυνσης.

Πίνακας 8-5: Δεδομένα Μέσης Επιβράδυνσης(m/s^2)

ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΣΗ	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΡΙΤΗ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
ΠΡΩΙ	-0,36	-0,23	-0,30	-0,22	-0,27
ΑΠΟΓΕΥΜΑ	-0,46	-0,20	-0,23	-0,28	-0,25
ΟΛΙΚΟ	-0,41	-0,22	-0,27	-0,25	-0,26

ΜΕΣΗ ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΣΗΣ



Διάγραμμα 8.4: Διάγραμμα Μέσης Επιβράδυνσης(m/s²)

Παρομοίως, και η μέση επιβράδυνση παρουσιάζεται το ίδιο ομαλή με την μέση επιτάχυνση, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 8-5 και το Διάγραμμα 8.1. Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί πως ο υπολογισμός για την επιτάχυνση μίας δεδομένης μέρας δεν διαφέρει πολύ και κινείται στα ίδια επίπεδα με την επιβράδυνση της αντίστοιχης ημέρας.

8.4 Ποσοστά και Αριθμός Στάσεων

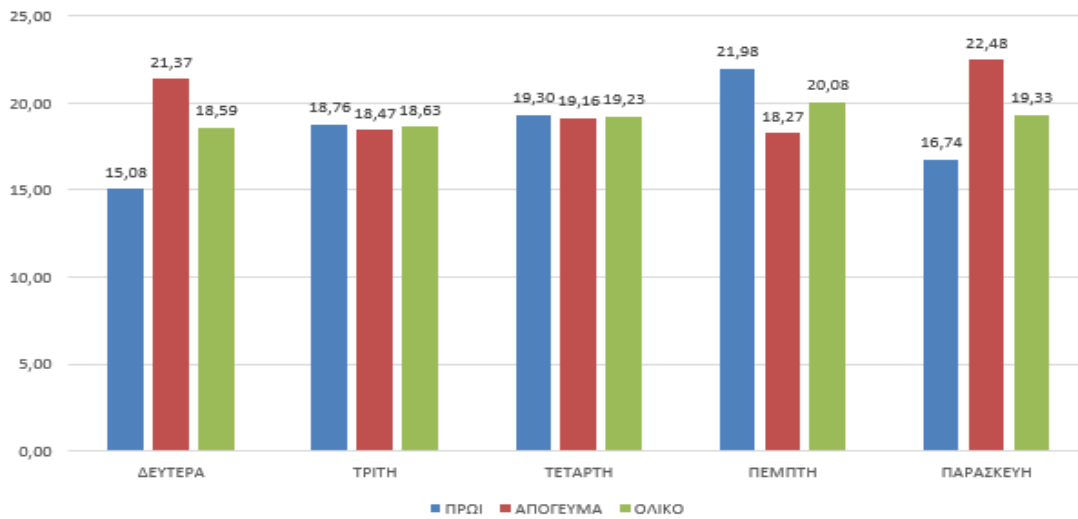
Οι επόμενες τιμές που υπολογίστηκαν είναι η τιμή του ποσοστού στάσεων και ο αριθμός στάσεων της κάθε μέρας της εβδομάδας. Οι στάσεις-καθυστερήσεις αυτές δημιουργούνται είτε από την συμφόρηση της κυκλοφορίας, είτε στις διαβάσεις πεζών και από τους φωτεινούς σηματοδότες της τροχαίας. Τα διαγράμματα του ποσοστού στάσης ανά ημέρα παρέχουν περαιτέρω πληροφόρηση για την ομαλότητα της διαδρομής.

Το ποσοστό στάσης προκύπτει από το πλήθος των μηδενικών ταχυτήτων κατά την διάρκεια της κάθε ημέρας σε κάθε διαδρομή. Τις χρονικές στιγμές δηλαδή που το αυτοκίνητο είναι εντελώς ακίνητο.

Πίνακας 8-6: Δεδομένα Ποσοστού στάσεων

Μ.Ο.% ΣΤΑΣΗΣ	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΡΙΤΗ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
ΠΡΩΙ	15,08	18,76	19,30	21,98	16,74
ΑΠΟΓΕΥΜΑ	21,37	18,47	19,16	18,27	22,48
ΟΛΙΚΟ	18,59	18,63	19,23	20,08	19,33

ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΣΤΑΣΗΣ



Διάγραμμα 8.5: Διάγραμμα Εβδομαδιαίου Ποσοστού Στάσης

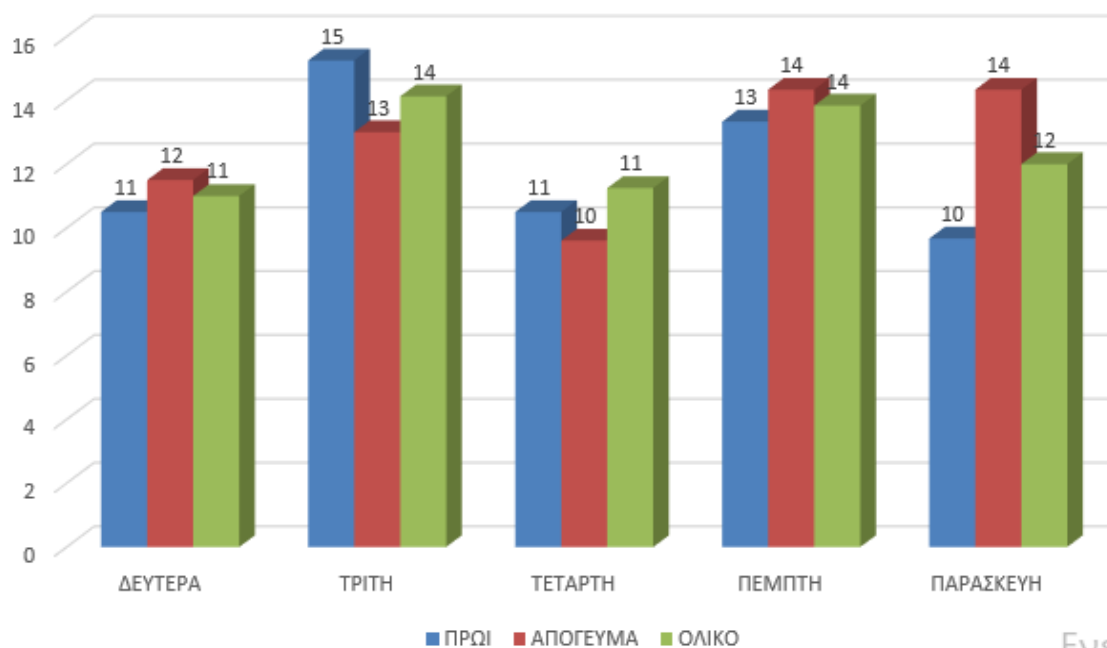
Στο Διάγραμμα 8.5 απεικονίζεται το ποσοστό στάσεων για την κάθε μέρα ανάλογα με τον κυκλοφοριακό φόρτο. Με μια πρώτη ματιά βλέπουμε ότι οι διακυμάνσεις των ποσοστών είναι παρόμοιες εκτός κάποιων εξαιρέσεων. Όπως για παράδειγμα παρατηρείτε το μεγαλύτερο ποσοστό τις Παρασκευές στις απογευματινές μετρήσεις και η μικρότερη τις Δευτέρες στις πρωινές μετρήσεις.

Ωστόσο, ο αριθμός στάσεων υπολογίζεται κατά την καταγραφή των μετρήσεων ανάλογα με το πόσες φορές η ταχύτητα ισούταν με το μηδέν. Συγκεντρωτικά, από τον μέσο όρο στάσεων ανά ημέρα (Πίνακας 8-7) δημιουργήθηκε Διάγραμμα 8.6 όπως φαίνεται παρακάτω.

Πίνακας 8-7: Συγκεντρωτικός πίνακας των δεδομένων των διαγραμμάτων του αριθμού στάσεων.

Μ.Ο.ΣΤΑΣΕΩΝ	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΡΙΤΗ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
ΠΡΩΙ	11	15	11	13	10
ΑΠΟΓΕΥΜΑ	12	13	12	14	14
ΟΛΙΚΟ	11	14	11	14	12

ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΣΤΑΣΕΩΝ

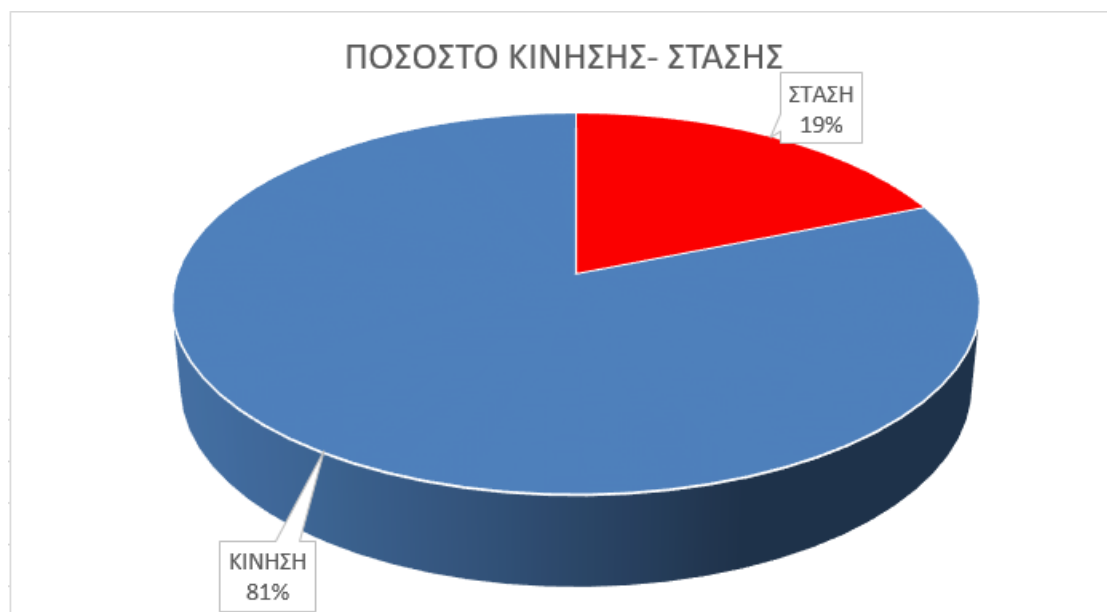


Διάγραμμα 8.6: Διάγραμμα Μέσου Όρου Στάσεων ανά Ημέρα

ΕΥΕ

Σύμφωνα με το τελευταίο διάγραμμα, ο αριθμός των στάσεων που πραγματοποιήθηκαν κατά την διάρκεια της διαδρομής συμβαδίζει με τα ποσοστά στάσης των αντίστοιχων ημερών.

Με βάση τα παραπάνω και όλες τις μετρήσεις που λήφθηκαν κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας, δημιουργήθηκε ένα διάγραμμα το οποίο εκφράζεται το ποσοστό της στάσης σε σχέση με την κίνηση του οχήματος, το Διάγραμμα 8.7.



Διάγραμμα 8.7: Ποσοστό Κίνησης -Στάσης (%)

Η απεικόνιση αυτή είναι λογική και αναμενόμενη , εφόσον η διαδρομή ήταν ομαλή και χωρίς απρόοπτα.

9 Αποτελέσματα

Όλες οι μετρήσεις συγκεντρώθηκαν και αναλύθηκαν σε ξεχωριστά υπολογιστικά φύλλα με σκοπό να υπολογιστούν οι μέσες τιμές για κάθε μεταβλητή. Στο Διάγραμμα 9.1 απεικονίζεται το αντιπροσωπευτικό προφίλ ταχύτητας των διαδρομών που εξετάστηκαν. Ενώ στον Πίνακα 9-1 αντιπαραβάλλονται οι μέσες τιμές των μετρήσεων που καταγράφηκαν σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές για την αντιπροσωπευτική διαδρομή που προέκυψε με την διαδικασία που αναγράφεται παρακάτω.



Διάγραμμα 9.1: Αντιπροσωπευτικό Προφίλ Ταχύτητας

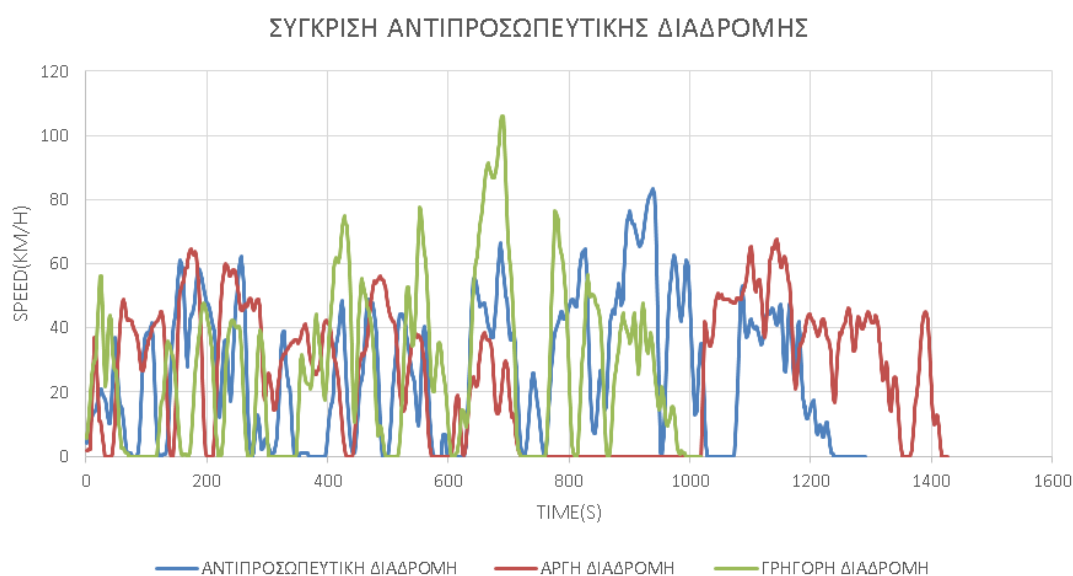
Το αντιπροσωπευτικό προφίλ ταχύτητας προκύπτει λαμβάνοντας υπόψη την ομοιότητα της κάθε διαδρομής με τις μέσες τιμές και έτσι προκύπτει μια αντιπροσωπευτική καταγραφή της διαδρομής.

Πίνακας 9-1: Σύγκριση μέσω τιμών μετρήσεων με την αντιπροσωπευτική διαδρομή

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΗ ΔΙΑΔΡΟΜΗ	ΟΜΟΙΟΤΗΤΑ (%)
ΔΙΑΡΚΕΙΑ(sec)	1275	1260	98,8
ΜΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ(km/h)	26.8	26.9	100
ΜΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΧΩΡΙΣ ΣΤΑΣΕΙΣ(km/h)	32.9	32.9	100
ΜΕΣΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ(m/s ²)	0.29	0.29	100
ΜΕΣΗ ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΣΗ(m/s ²)	0.30	0.28	95
ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΤΑΣΗΣ(%)	18.83	18.33	100

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 9-1, η αντιπροσωπευτική διαδρομή δεν παρουσιάζεται κάποια μεγάλη απόκλιση από τις μέσες τιμές των μετρήσεων που καταγράφηκαν. Η εμφανής διαφορά παρατηρείται στον αριθμό στάσεων και αυτό ενδεχομένως να προκύπτει από την μικρή διάρκεια της διαδρομής, πράγμα που μπορεί να επηρέασε τις τιμές. Παρόλα αυτά, το σύνολο των μετρήσεων σχεδόν ταυτίζεται με την αντιπροσωπευτική διαδρομή. Συμπερασματικά, η πειραματική διαδικασία μπορεί να θεωρηθεί επιτυχής.

Στο Διάγραμμα 9.2 πραγματοποιείται η σύγκριση της αντιπροσωπευτικής διαδρομής με την πιο αργή και την πιο γρήγορη διαδρομή της πειραματικής διαδικασίας.



Διάγραμμα 9.2: Σύγκριση Αντιπροσωπευτικής Διαδρομής

Από τη σύγκριση προκύπτει ότι η γρήγορη διαδρομή έχει σαφώς μεγαλύτερες τιμές, η αργή έχει μικρότερες σε βάθος χρόνου και η αντιπροσωπευτική βρίσκεται ανάμεσα στις δύο διαδρομές.

9.1 Σύγκριση με παλαιότερα καταγραφέντα δεδομένα

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων που εξήχθησαν στην παρούσα εργασία με τις αντίστοιχες παραμέτρους του Αθηναϊκού Κύκλου Οδήγησης, ATHENS DRIVING CYCLE (ADC).

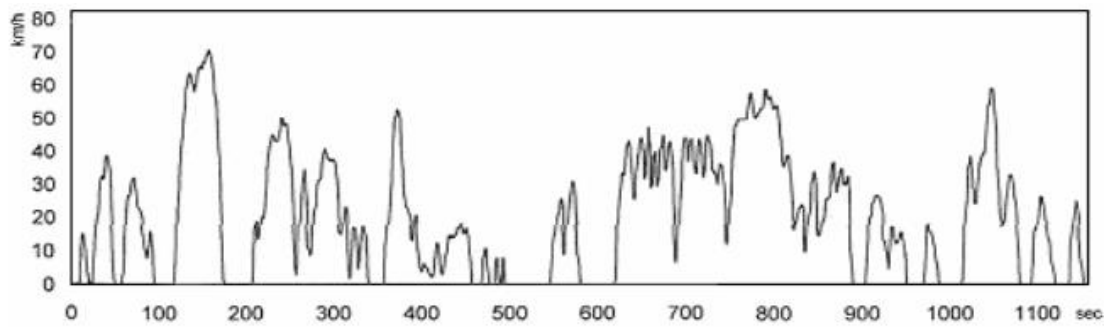
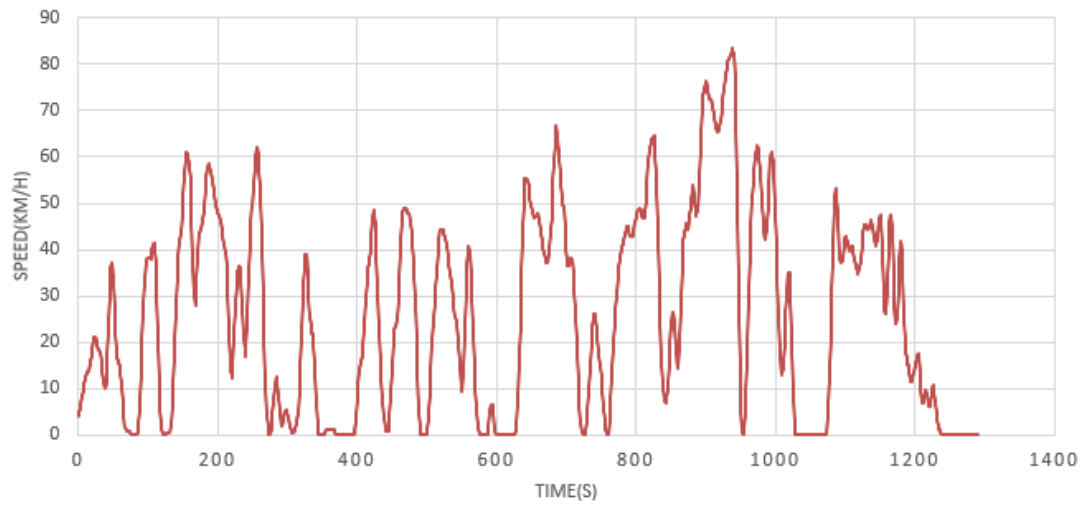
Πίνακας 9-2: Τυπικές παράμετροι του ADC και των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας

	ADC	Πτυχιακή
Απόσταση	6512 m	10100 m
Διάρκεια	1160 sec	1260 sec
Μέση ταχύτητα	20,21 km h ⁻¹	26.9 km h ⁻¹
Μέγιστη ταχύτητα	70,86 km h ⁻¹	82 km h ⁻¹

Πηγή: (Tzirakis, et al. 2006)

Παρακάτω συγκρίνονται τα διαγράμματα ταχύτητας- χρόνου της παρούσας εργασίας (κόκκινη γραμμή), με τον ADC (μαύρη γραμμή).

ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΗ ΔΙΑΔΡΟΜΗ



Διάγραμμα 9.3: Σύγκριση αντιπροσωπευτικής διαδρομής του πειράματος με τον ADC

10 Συμπεράσματα-Προτάσεις

Το αντιπροσωπευτικό προφίλ ταχύτητας - χρόνου (κύκλος οδήγησης) που πραγματοποιήθηκε στην τρέχουσα πτυχιακή εργασία, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μέτρηση της κατανάλωσης καυσίμου, την εκπομπή ρύπων και κατ' επέκταση την επιβάρυνση της ατμόσφαιρας που οφείλεται στα επιβατικά οχήματα που μεταχειρίζονται την συγκεκριμένη κεντρική αρτηρία της πόλης των Αθηνών.

Τα ποσοστά ομοιότητας του προφίλ ταχύτητας της αντιπροσωπευτικής διαδρομής της συγκεκριμένης πτυχιακής, σε σχέση με τις μετρήσεις πεδίου βρίσκονται σε σχεδόν άριστο επίπεδο (92% - 100%) που αυτό μας δίνει πληροφορίες που όντως ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα. Ωστόσο, αυτό οφείλεται στο ότι η διαδρομή ήταν συγκεκριμένη και σε ένα βαθμό τυποποιημένη. Όμως τα ποσοστά είναι τόσο υψηλά που φαινομενικά δεν χρειάζονται περαιτέρω καταγραφές για την συγκεκριμένη διαδρομή.

Εντέλει, παρατηρούμε ότι και τα ποσοστά της παρούσας μελέτης είναι σε αρκετά ικανοποιητικά επίπεδα και θα μπορούσε να αποτελέσει το πρώτο βήμα για την εκπόνηση ενός κύκλου οδήγησης, ώστε να αξιοποιηθεί για την μέτρηση των εκπομπών ρύπων και την κατανάλωση καυσίμου των επιβατικών οχημάτων. Επιπλέον αξίζει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο ότι, γίνονται παράλληλα κι άλλες μελέτες στο ίδιο θέμα, σε διαφορετικές κεντρικές αρτηρίες της πόλης. Αν τα αποτελέσματα όλων αυτών των μελετών ενωθούν, μπορούν σίγουρα να δώσουν μία σαφώς πιο αντιπροσωπευτική διαδρομή για την πόλη των Αθηνών.

Βιβλιογραφία

1. ACEA. «CO2 emissions from heavy-duty vehicles.» *www.acea.be*. 03 2020. https://www.acea.be/uploads/publications/ACEA_preliminary_CO2_baseline_heavy-duty_vehicles.pdf (πρόσβαση 04 2020).
2. —. «Euro Standards.» *European Automobile Manufacturers Association*. 13 1 2014. <https://www.acea.be/news/article/euro-standards> (πρόσβαση 04 2020).
3. aftokinitos. *Ανασκόπηση Toyota Corolla Χατσμπάκ 1.4 VVTi S (Τρίπορτομοντέλο)*. 2015. <http://aftokinitos.com/prodiagrafes/toyota/corolla/hatchback-2000/39913.html> (πρόσβαση 6 14, 2020).
4. Al-Samari, Ahmed. «REAL-WORLD DRIVING CYCLE:CASE STUDY OF BAQUBAH, IRAQ.» *Diyala Journal of Engineering Sciences*, Ιούνιος 2017: 39-47.
5. Andre, M. «The ARTEMIS European driving cycles for measuring car pollutant emissions.» *Science of The Total Environment*, 1 12 2004: 73-84.
6. Barlow, T.J., S Latham, I.S. McCrae, και P.G. Boulter. «A reference book of driving cycles for use in the measurement of road vehicle emissions.» *TRL Limited*. 6 2009. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/4247/ppr-354.pdf.
7. Dia, Z, D. Eisinger, και D. Niemeier. «Driving cycles: a new cycle-building method that better represents real-world emissions.» 9 2008. https://www.researchgate.net/publication/265495453_Driving_cycles_a_new_cycle-building_method_that_better_represents_real-world_emissions.
8. dieselnet. *California Unified Cycle (UC)*. 2017. <https://dieselnet.com/standards/cycles/uc.php>.
9. —. *EPA Highway Fuel Economy Test Cycle (HWFET)*. 2000. <https://dieselnet.com/standards/cycles/hwfet.php>.
10. —. *FTP-72 (UDDS)*. 2014. <https://dieselnet.com/standards/cycles/ftp72.php>.
11. —. *FTP-75*. 2014. <https://dieselnet.com/standards/cycles/ftp75.php> .
12. —. *Inspection & Maintenance Driving Cycle IM240*. 2000. <https://dieselnet.com/standards/cycles/im240.php>.
13. —. *Japanese 10 Mode*. 2000. https://dieselnet.com/standards/cycles/jp_10mode.php.
14. —. *Japanese JC08 Cycle*.
15. —. *SFTP-SC03*. 2013. https://dieselnet.com/standards/cycles/ftp_sc03.php .

16. —. *SFTP-US06*. 2013. https://dieselnet.com/standards/cycles/ftp_us06.php.
17. —. *Standard Road Cycle (SRC) and Standard Bench Cycle (SBC)*. 2006. <https://dieselnet.com/standards/cycles/src.php>.
18. Dieselnet. *Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Cycle (WLTC)*. 2019. <https://dieselnet.com/standards/cycles/wltp.php#intro> (πρόσβαση 2020).
19. EPA. «Overview of Greenhouse Gases.» *United States Environmental Protection Agency*. 2020. <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases#colorbox-hidden>.
20. Esteves-Booth, A, T Muneer, H Kirby, J Kubie, και J Hunter. «The Measurement of Vehicular Driving Cycle with the City of Edinburgh.» *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 5 2001: 209-220.
21. Galgamuwa, Uditha, Loshaka Perera, και Saman Bandara. «Developing a General Methodology for Driving Cycle Construction: Comparison of Various Established Driving Cycles in the World to Propose a General Approach.» *Journal of Transportation Technologies*, 2015: 191-203.
22. Hung, W.T., H.Y. Tong, C.P. Lee, K. Ha, και L.Y. Pao. «Development of a Practical Driving Cycle Construction Methodology: A Case Study in Hong Kong.» *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 3 2007: 115-128.
23. ideaHELLAS. *KONNWEI KW903 OBD2 OBD-II ELM327 διαγνωστικό Bluetooth για android*. 2020. <http://www.ideahellas.gr/product/konnwei-kw903-obd2-obd-ii-elm327-diagnostiko-bluetoothwifiandrioidios/>.
24. Kamble, S.H., T.V. Mathew, και G.K. Sharma. «Development of Real-World Driving Cycle: Case Study of Pune, India.» *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 3 2009: 132-140.
25. Lin, J, και D.A. Niemeier. «An Exploratory Analysis Comparing a Stochastic Driving Cycle to California's Regulatory Cycle.» *Atmospheric Environment*, 12 2002: 5759-5770.
26. Parkers. *Toyota Corolla Hatchback (2000-2002) Specs & Dimensions*. <https://www.parkers.co.uk/toyota/corolla/hatchback-2000/14-vvti-s-5d/specs/>.
27. PEUGEOT. <https://www.peugeot.gr/brand-and-technology/technologies/wltp.html>.
28. Tamsanya, N, S Chungpaibulpattana, και S Atthajariyakul. «Development of Automobile Bangkok Driving Cycle for Emissions and Fuel Consumption Assessment.» *Proceedings of the 2nd Joint International Conference on Sustainable Energy and Environment*, 21-23 11 2006.

29. Tong, H.Y., H.D Tung, W.T Hung, και H.V Nguyen. «Development of Driving Cycles for Motorcycles and Light-Duty Vehicles in Vietnam.» *Atmospheric Environment*, 2011: 5191-5199.
30. Tong, H.Y., W.T. Hung, και C.S. Cheung. «Development of a Driving Cycle for Hong Kong.» *Atmospheric Environment*, 1999: 2323-2335.
31. transportpolicy. *Beijing: Light-Duty: Emissions.* 2018. <https://www.transportpolicy.net/standard/beijing-light-duty-emissions/>.
32. —. *China: Light-duty: Emissions.* 2018. <https://www.transportpolicy.net/standard/china-light-duty-emissions/>.
33. TransportPolicy.net. «EU: Heavy-duty: Emissions.» <https://www.transportpolicy.net>. 2018. <https://www.transportpolicy.net/standard/eu-heavy-duty-emissions/>.
34. Tzirakis, E., K. Pitsas, F Zannikos, και S Stournas. «VEHICLE EMISSIONS AND DRIVING CYCLES: COMPARISON OF THE ATHENS DRIVING CYCLE (ADC) WITH ECE-15 AND EUROPEAN DRIVING CYCLE (EDC).» *Global NEST Journal*, 2006: 282-290.
35. Tzirakis, Ev., Al. Kyriakidis, και F. Zannikos. *Methodologies for driving cycle development, using on-Road data from*. Ljubljana: Transport Research Arena Europe, 2008.
36. wikipedia. *New European Driving Cycle.* 26 03 2020. https://en.wikipedia.org/wiki/New_European_Driving_Cycle.
37. —. *Διαγνωστικός Έλεγχος Αυτοκινήτου.* 6 2 2020. https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%B3%CE%BD%CF%89%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82_%CE%88%CE%BB%CE%B5%CE%B3%CF%87%CE%BF%CF%82_%CE%91%CF%85%CF%84%CE%BF%CE%BA%CE%B9%CE%BD%CE%AE%CF%84%CE%BF%CF%85#%CE%97_%CE%AD%CE%BD%CE%BD%CE%BF%CE%B9%CE%B (πρόσβαση 6 14, 2020).
38. Zito, R, και F Primerano. «Drive Cycle Development Methodology and Results.» Transport System Centre, University of South Australia, Adelaide, 2005.
39. ΑΑΔΕ. «ΝΟΜΟΤΕΛΕΙΑ.» 2 9 2019. <http://www.nomotelia.gr/photos/File/e2161-19.pdf> (πρόσβαση 4 2020).
40. Βικιπαίδεια. «Πρωτόκολλο του Κυότο για τις κλιματικές μεταβολές.» www.wikisource.org. 8 8 2015. https://el.wikisource.org/wiki/%CE%A0%CF%81%CF%89%CF%84%CF%8C%CE%BA%CE%BF%CE%BB%CE%BB%CE%BF_%CF%84%CE%BF%CF%85_%CE%9A%CE%B9%CF%8C%CF%84%CE%BF#%CE%91%CE%AD%CF%81%CE%B9%CE%B1_%CF%80%CE%BF%CF%85_%CF%83%CF%85%CE%BC%CE%B2%CE%AC%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CF%85%CE%BD_%C (πρόσβαση 4 2020).

41. ΕΟΠ. «Air quality in Europe-2018 report.» *www.eea.europa.eu*. 2018.
https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2018/at_download/file.
42. Ευρωπαϊκή Επιτροπή. «Η ΕΕ παίρνει μέτρα για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προκαλούν τα αυτοκίνητα.» *Επίσημος ιστότοπος ΕΕ*. 31 8 2017.
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/el/MEMO_17_2821
 (πρόσβαση 2020).
43. Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο. «Ειδική έκθεση αριθ. 23/2018: Ατμοσφαιρική ρύπανση: Η προστασία της υγείας μας παραμένει ανεπαρκής.» *www.eca.europa.eu*. 2018.
https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR18_23/SR_AIR_QUALITY_EL.pdf
44. —. «Η αντίδραση της ΕΕ στο σκάνδαλο "Ντιζελγκέιτ".» 02 2019.
https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/BRP_Vehicle_emissions/BRP_Vehicle_emissions_EL.pdf.
45. Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο . «Κανονισμός 715/2007.» *Επίσημη Εφημερίδα της ΕΕ*. 29 6 2007.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007R0715&from=el> (πρόσβαση 04 2020).
46. Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος. «Ατμοσφαιρική ρύπανση .» *www.eea.europa.eu/el*. 09 10 2017.
<https://www.eea.europa.eu/el/themes/air/intro> (πρόσβαση 4 21, 2020).
47. ΙΟΒΕ. «Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΧΑΜΗΛΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΣΤΙΣ ΟΔΙΚΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ -ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΦΕΛΗ.» *Ιδρυμα Οικονομικών & Βιομηχανικών Ερευνών*. 2019.
http://iobe.gr/docs/research/RES_05_D_31102019_REP_GR.pdf.
48. Κυριάκος, Περικλής. *Μεθοδολογία – Ανάπτυξη Κύκλων Οδήγησης από Δεδομένα Κίνησης, στην πόλη της Αθήνας*. Διπλωματικήεργασία, Αθήνα: ΕΜΠ, 2018.
49. ΠΟΥ. «Ambient Air Pollution: A global assessment of exposure and burden of disease.» *www.who.int*. 2016.
<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/250141/9789241511353-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
50. ΤΜΗΜΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ. «ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.» *www.ypeka.gr*. Μάιος 2019.
<http://www.ypeka.gr/Portals/0/Files/Perivallon/Poiotita%20Atmosfairas/Ektheseis/Ekthesi2018.pdf>.
51. ΥΠΕΚΑ. «Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας.» 2020.
<http://daktylios.ypeka.gr/files/V9.pdf>.

