



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ανάλυση διαδρομών για την ανάπτυξη αντιπροσωπευτικού κύκλου οδήγησης πραγματικών συνθηκών για την πόλη της Χαλκίδας.

Κουλογιάννης Στ. Θεόδωρος

Αριθμός Μητρώου : TM 5937

**Επιβλέπων
Καθηγητής**

Ευάγγελος Τζιράκης

ΗΡΑΚΛΕΙΟ

2020

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το πρόβλημα της υποβάθμισης του φυσικού περιβάλλοντος απασχολεί έντονα εδώ και τρεις σχεδόν δεκαετίες όλες τις χώρες του κόσμου. Αναφορές σε ρύπανση των λιμνών, των θαλασσών, των ποταμών, της ατμόσφαιρας, του εδάφους γίνονται καθημερινά στον τύπο, στην τηλεόραση, στο ραδιόφωνο αλλά και στις ομιλίες πολιτικών, καθηγητών και άλλων ειδικών και μη. Το περιβάλλον είναι ο χώρος μέσα στον οποίο ζούμε και δραστηριοποιούμαστε. Η ύπαρξη μας εξαρτάται απόλυτα από αυτό. Αποτελείται από ένα πολύπλοκο σύνολο φυσικών, βιολογικών και άλλων σχέσεων. Δεν είναι κάτι το στατικό γιατί τα επιμέρους στοιχεία του, μεταβάλλονται διαχρονικά. Παρά τις μεταβολές αυτές το περιβάλλον μπορεί να βρίσκεται σε μια κατάσταση δυναμικής ισορροπίας.

Σε ελληνικό νομοθέτημα που ρυθμίζει θέματα ρύπανσης και βιομηχανίας ως Περιβάλλον ορίζεται, “ ο περιβάλλον τον άνθρωπο χερσαίος, θαλάσσιος και εναέριος χώρος, μετά των εν αυτό χλωρίδας και πανίδες, των φυσικών πόρων και στοιχείων πολιτισμού, ως ταύτα διαμορφώθηκαν εκ της δραστηριότητας του ανθρώπου”. Ο ορισμός αυτός καλύπτει πέραν του φυσικού περιβάλλοντος και το ανθρωπογενές περιβάλλον, πχ πολιτιστικά μνημεία. Λανθασμένη διαχείριση των ρύπων έχουν σοβαρές επιπτώσεις τόσο στο φυσικό περιβάλλον (πχ ατμοσφαιρική ρύπανση, ρύπανση υδάτων, ρύπανση εδάφους κτλ.) όσο στο ανθρωπογενές περιβάλλον (πχ καταστροφή μνημείων κτλ.).

Η έννοια της ρύπανσης είναι σε μεγάλο βαθμό σχετική, γιατί καμιά σχεδόν ουσία δεν βρίσκεται σε τελείως καθαρή κατάσταση. Ανησυχίες εκφράζονται μόνον όταν η ρύπανση ξεπεράσει ορισμένο κρίσιμο όριο, το οποίο μπορεί να διαφέρει από περίπτωση σε περίπτωση, ανάλογα με την συγκεκριμένη χρήση για την οποία προορίζονται το νερό, ο αέρας ή το έδαφος. Πιο αναλυτικά, ανησυχητική είναι η κατάσταση όταν παρατηρείται μεταβολή στη χημική σύσταση των βασικών στοιχείων του περιβάλλοντος, όπως ο αέρας, το νερό και το έδαφος. Η ρύπανση της ατμόσφαιρας, του νερού και του εδάφους προκαλεί ανακατατάξεις στα οικοσυστήματα και μειώνει το μέγεθος των πιο ευαίσθητων στις συγκεκριμένες συνθήκες πληθυσμών.

Η κίνηση των οχημάτων στους δρόμους είναι ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Όλα τα αυτοκίνητα, οι μοτοσυκλέτες, τα λεωφορεία καθώς και τα φορτηγά είναι η αιτία εξάπλωσης τεράστιου αριθμού τοξικών και ρύπων στην ατμόσφαιρα. Έρευνες δείχνουν ότι, η μισή ποσότητα οξειδίων του αζώτου, μονοξειδίου του άνθρακα, υδρογονανθράκων και το μεγαλύτερο ποσοστό μολύβδου εκπέμπονται από αυτοκίνητα. Με κάθε αύξηση του αριθμού των αυτοκινήτων συνεπάγεται αύξηση των εκπεμπόμενων ρύπων. Οι κύκλοι οδήγησης, με τους οποίους θα ασχοληθεί η παρούσα εργασία, είναι μια σειρά δεδομένων που αντιπροσωπεύουν την ταχύτητα ενός οχήματος έναντι του χρόνου, παράγονται από διάφορες χώρες και οργανισμούς για την εκτίμηση της απόδοσης των οχημάτων με διάφορους τρόπους, όπως για παράδειγμα η κατανάλωση καυσίμου και οι ρυπογόνες εκπομπές.

Παρακάτω, θα πραγματοποιηθεί αναφορά στην ρύπανση του περιβάλλοντος και αναλυτικότερα στην ατμοσφαιρική ρύπανση ή οποία είναι παράγοντας των επιβατικών οχημάτων ή φορτηγών. Θα παρουσιαστούν οραματιζόμενοι οι εκπεμπόμενοι ρύποι καθώς και οι επιπτώσεις αυτών στην ατμόσφαιρα και κατ' επέκταση στο περιβάλλον. Επίσης, αναλύονται τα θεσμοθετημένα Ευρωπαϊκά , Αμερικάνικα και Ιαπωνικά πρότυπα τα οποία καθορίζουν τα όρια εκπομπής ρύπων. Στην συνέχεια, ακολουθεί το πειραματικό μέρος της εργασίας το οποίο συμπεριλαμβάνει μετρήσεις και ανάλυση δεδομένων με σκοπό την απεικόνιση της κίνησης σε κεντρικές οδικές αρτηρίες στην πόλη της Χαλκίδας, με σκοπό την ανάλυση των δεδομένων για την δημιουργία ενός προφίλ κίνησης το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μέτρηση της κατανάλωσης καυσίμου και εκπομπών ρύπων στην πόλη της Χαλκίδας.

ABSTRACT

The problem of the degradation of the natural environment has been a strong concern for almost three decades in all the countries of the world. References to pollution of lakes, seas, rivers, atmosphere, soil are made daily in the press, on television, on the radio and in the speeches of politicians, professors and other specialists and not. The environment is the space in which we live and we operate. Our existence depends entirely on it. It consists of a complex set of physical, biological and other relationships. It is not static because its individual elements are altered over time. Despite these changes the environment may be in a state of dynamic equilibrium.

In Greek legislation regulating issues of pollution and industry as an environment is defined as, "The man's surrounding space like the sea, the land and the air, after the same flora and fauna, natural resources and elements of civilization, as they have been formed from the activity of Man ". This definition covers beyond the natural environment and the anthropogenic environment, e.g. cultural monuments. Incorrect management of pollutants have serious implications both in the natural environment (e.g. atmospheric pollution, water pollution, soil pollution, etc.) as in the anthropogenic environment (e.g. destruction of monuments, etc.).

The concept of pollution is largely relevant, because virtually no substance is in a completely clean state. Concerns are expressed only when pollution exceeds a certain critical threshold, which may vary from case to case, depending on the specific use for which water, air or soil is intended. In more detail, the situation is worrying when there is a change in the chemical composition of the basic elements of the environment, such as air, water and soil. Pollution of the atmosphere, water and soil causes reclassifications in ecosystems and reduces the size of the most sensitive to the specific population conditions.

The vehicles on the roads are one of the most important factors of air pollution. All cars, motorcycles, buses and trucks are the cause of the spread of a huge number of toxic and pollutants in the atmosphere. Research shows that half the amount of nitrogen oxides, carbon monoxide, hydrocarbons and the largest percentage of lead emitted from cars. With every increase in the number of cars, the emissions of pollutants will be increased as well. The driving cycles -with which the present work will be dealt, are a series of data that represents the speed of a vehicle over time- are represented by various countries and organizations to assess the performance of vehicles in many ways such as the fuel consumption and polluting emissions.

Below, a reference will be made to environmental pollution with more detail to air pollution, which is the result of passenger vehicles and lorries. The emitted pollutants and their effects in the atmosphere and the environment will be presented. It also analyses the European, American and Japanese standards which determine the emission limits of pollutants. Next, follows the experimental part of the work which includes measurements and analysis of data in order to display the traffic in the central roads in the city of Chalkida, and to analyze the data for the creation of a traffic profile that can be used to measure fuel consumption and pollutant emissions in the city of Chalkis.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία με θέμα “Κύκλοι Οδήγησης και ανάλυση των διαδρομών στην πόλη της Χαλκίδας” πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Ανωτάτου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Ηρακλείου κατά την διάρκεια του έτους 2019-2020. Η παρούσα εργασία είναι το αποτέλεσμα μιας σειράς αλληλεπιδράσεων με διάφορα άτομα που το καθένα έπαιξε σημαντικό ρόλο στην ολοκλήρωσή της. Αξίζει λοιπόν να αφιερώσω μια σελίδα για να ευχαριστήσω ειλικρινά τα άτομα αυτά για τη βοήθεια που μου πρόσφεραν.

Στο σημείο αυτό, πρώτα θα ήθελα να ευχαριστήσω την θεία μου Σοφία Τσώκου η οποία προσέφερε το καινούργιο αυτοκίνητό της για την πραγματοποίηση του πειράματος. Είναι βέβαιο ότι χωρίς αυτή την βοήθεια δεν θα βρισκόμουν σε θέση να ολοκληρώσω την εργασία αυτή.

Στην συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής μου εργασίας τον κύριο Ευάγγελο Τζιράκη, για την συνεχή καθοδήγηση και τις ουσιώδεις συμβουλές του οι οποίες παίζανε έναν πολύ σημαντικό ρόλο για την ολοκλήρωση της εργασίας.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους, οι οποίοι με τον τρόπο τους στάθηκαν δίπλα μου κατά την διάρκεια της φοιτητικής περιόδου, γεμίζοντας όλα αυτά τα χρόνια με πολλά συναισθήματα και αναμνήσεις. Εκείνους που με την υπομονή τους, την συμπαράσταση τους και την θετική τους σκέψη συνέβαλλαν στην ολοκλήρωση των σπουδών μου.

Τέλος το μεγαλύτερο ευχαριστώ στα αγαπημένα μου πρόσωπα, στους γονείς μου και την αδερφή μου που με τον τρόπο τους παρείχαν στήριξη καθ’ όλη την διάρκεια των σπουδών μου αφήνοντας με ελεύθερο να επιλέξω και να ακολουθήσω όποιον δρόμο επιθυμούσα. Χωρίς την στήριξη αυτή τίποτα από όλα αυτά δεν θα ήταν πραγματικότητα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	14
ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	14
ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	14
1. ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ.....	15
1.1 Εισαγωγή.....	15
1.1.1 Ορισμός της Ρύπανσης	15
1.2 Οικосύστημα και ρύπανση	16
1.2.1 Ρύπανση του Εδάφους	16
1.2.2 Ρύπανση των Υδάτων	17
1.2.3 Ρύπανση της Ατμόσφαιρας	19
2. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ.....	20
2.1 Εισαγωγή.....	20
2.1.1 Ορισμός Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης	20
2.1.2 Νέφος αιθαλομίχλης – Φωτοχημικό νέφος	20
2.2 Πηγές Ρύπανσης.....	21
2.2.1 Φυσικές πηγές Ρύπανσης	21
2.2.2 Ανθρωπογενείς πηγές Ρύπανσης	22
2.3 Κατηγορίες Ρύπων.....	23
2.3.1 Πρωτογενείς Ρύποι	23
2.3.2 Δευτερογενείς Ρύποι	23
3. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΚΑΙ ΟΔΙΚΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ.....	24
3.1 Εισαγωγή.....	24
3.2 Εκπεμπόμενοι ρύποι από τα Αυτοκίνητα	25
3.2.1 Διοξείδιο του Άνθρακα	25
3.2.2 Μονοξείδιο του Άνθρακα	25

3.2.3	Οξείδια του αζώτου	26
3.2.4	Μη Μεθανιούχες Πτητικές Ενώσεις	26
3.2.5	Αιωρούμενα Σωματίδια	27
3.2.6	Διοξείδιο του Θείου	27
4.	ΕΥΡΩΠΑΪΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΡΥΠΩΝ	28
4.1	Εισαγωγή.....	28
4.2	Ανάλυση Ευρωπαϊκών προτύπων εκπομπών.....	28
4.2.1	Ευρωπαϊκό Πρότυπο Ρύπων - Euro 1	29
4.2.2	Ευρωπαϊκό Πρότυπο Ρύπων - Euro 2	30
4.2.3	Ευρωπαϊκό Πρότυπο Ρύπων – Euro 3	30
4.2.4	Ευρωπαϊκό πρότυπο ρύπων – Euro 4.....	31
4.2.5	Ευρωπαϊκό πρότυπο ρύπων – Euro 5.....	31
4.2.6	Ευρωπαϊκό πρότυπο ρύπων – Euro 6.....	32
4.2.7	Ευρωπαϊκό πρότυπο ρύπων – Euro 6d Temp, Euro 6d and RDE.....	33
4.3	Ευρωπαϊκός Κανονισμός για τα όρια του CO₂	34
4.3.1	Όρια CO ₂ για τα καινούργια ελαφρά επαγγελματικά οχήματα.	34
4.3.2	Όρια CO ₂ για τα καινούργια επιβατικά οχήματα.	35
5.	ΚΥΚΛΟΙ ΟΔΗΓΗΣΗΣ.....	37
5.1	Εισαγωγή.....	37
5.1.1	Ορισμός	37
5.1.2	Κατηγορίες κύκλων οδήγησης.....	38
5.1.3	Τεχνικές μέτρησης των χαρακτηριστικών κίνησης αυτοκινήτων	39
5.1.4	Χαρακτηριστικά μεγέθη για την επεξεργασία.....	41
5.1.5	Τεχνικές δημιουργίας κύκλων οδήγησης	43
5.2	Ευρωπαϊκή Ένωση και Κύκλοι Οδήγησης	44
5.2.1	Κύκλοι Οδήγησης ECE+EUDC.....	44
5.2.2	Κύκλος Οδήγησης NEDC	46
5.2.3	Κύκλοι Οδήγησης Artemis	47
5.2.4	Κύκλος Πόλης ETC (European Transient Cycle)	50
5.2.5	Κύκλος Οδήγησης ERMES	51

5.3	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής και Κύκλοι Οδήγησης	52
5.3.1	Κύκλος U.S FTP-72	52
5.3.2	Κύκλος FTP-75.....	53
5.3.3	Κύκλος HWFET	54
5.3.4	Κύκλος IM240	55
5.3.5	Κύκλος LA92.....	56
5.3.6	Κύκλος SFTP SC03	57
5.3.7	Κύκλος SFTP US06.....	58
5.3.8	Κύκλος οδήγησης EPA NYCC.....	59
5.4	Ιαπωνία και Κύκλοι Οδήγησης	60
5.4.1	Κύκλος οδήγησης 10-mode	60
5.4.2	Κύκλος οδήγησης 10-15 mode	61
5.4.3	Κύκλος JC 08	62
5.5	Κύκλος WLTP	63
5.5.1	Εισαγωγή	63
5.5.2	Περιορισμοί του κύκλου WLTP.....	65
5.5.3	Κατηγορίες WLTP και χαρακτηριστικά	66
5.5.4	69
5.6	Σύγκριση του Κύκλου NEDC με τον κύκλο WLTP.....	71
6.	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	73
6.1	Εισαγωγή.....	73
6.2	Εργαλεία λήψης δεδομένων.....	74
6.2.1	Όχημα	74
6.2.2	Συσκευή συλλογής δεδομένων – OBD 2.....	74
6.2.3	Λογισμικό συλλογής δεδομένων	75
6.3	Διαδικασία λήψης δεδομένων	77
6.3.1	Ρυθμίσεις του λογισμικού	77
6.3.2	Δεδομένα καταγραφής.....	77
6.3.3	Πειραματικά Δεδομένα και Ρυθμίσεις	79
6.4	Αποτελέσματα Πειράματος	80
6.4.1	Μέσες τιμές Πειράματος	80

6.4.2	Διαγράμματα Κατανομής για τις μέσες τιμές.....	88
6.5	Υπολογισμός Αντιπροσωπευτικής Διαδρομής.....	89
6.5.1	Διαγράμματα κατανομής για το αντιπροσωπευτικό προφίλ.....	91
6.5.2	Σύγκριση Αντιπροσωπευτικού προφίλ με τον WLTP.....	95
6.6	Αργή και Γρήγορη διαδρομή.....	97
7.	ΕΠΙΛΟΓΟΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ.....	98
8.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	100
8.1.1	Ρύπανση.....	100
8.1.2	Ατμοσφαιρική ρύπανση.....	100
8.1.3	Ατμοσφαιρική Ρύπανση και οδικές μεταφορές.....	100
8.1.4	Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών ρύπων.....	100
8.1.5	Κύκλοι Οδήγησης.....	100
8.1.6	Ισότοποι.....	101

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Διάγραμμα απεικόνισης ρύπων ανά οικονομική δραστηριότητα.	22
Σχήμα 2: Διάγραμμα απεικόνισης της μείωσης του διοξειδίου του άνθρακα (CO ₂) στις αλλαγές των ευρωπαϊκών προτύπων.	29
Σχήμα 3: Διάγραμμα απεικόνισης της μείωσης των υδρογονανράκων (HC) στις αλλαγές των ευρωπαϊκών προτύπων.	30
Σχήμα 4: Διάγραμμα απεικόνισης της μείωσης των οξειδίων του αζώτου (NO _x) στις αλλαγές των ευρωπαϊκών προτύπων.	31
Σχήμα 5: Διάγραμμα απεικόνισης της μείωσης των αιωρούμενων σωματιδίων (PM) στις αλλαγές των ευρωπαϊκών προτύπων.	32
Σχήμα 6: Διαγράμμα Ιστορικών δεδομένων και στόχων σύμφωνα με τα όρια της ΕΕ για τις εκπομπών του CO ₂	35
Σχήμα 7: Διάγραμμα Ευρωπαϊκού Κύκλου Πόλης ECE.	44
Σχήμα 8: Διάγραμμα Ευρωπαϊκού Κύκλου Πόλης EUDC.	45
Σχήμα 9: Διάγραμμα Ευρωπαϊκού Κύκλου Πόλης EUDC για χαμηλής ισχύος οχήματα.	45
Σχήμα 10: Διάγραμμα Ευρωπαϊκού Κύκλου NEDC.	46
Σχήμα 11: Διάγραμμα Ευρωπαϊκού Αστικού (Urban) Κύκλου Artemis.	47
Σχήμα 12: Διάγραμμα Ευρωπαϊκού Αγροτικού (Rural Road) Κύκλου Artemis.	48
Σχήμα 13: Διάγραμμα Ευρωπαϊκού Αυτοκινητόδρομου (Motorway) Κύκλου Artemis.	49
Σχήμα 14: Διάγραμμα Ευρωπαϊκού κύκλου πόλης ETC.	50
Σχήμα 15: Διάγραμμα Ευρωπαϊκού κύκλου πόλης ERMES.	51
Σχήμα 16: Διάγραμμα Αμερικάνικου κύκλου πόλης FTP-72.	52
Σχήμα 17: Διάγραμμα Αμερικάνικου κύκλου FTP-75.	53
Σχήμα 18: Διάγραμμα Αμερικάνικου κύκλου HWFET.	54
Σχήμα 19: Διάγραμμα Αμερικάνικου κύκλου IM240.	55
Σχήμα 20: Διάγραμμα Αμερικάνικου κύκλου LA92.	56
Σχήμα 21: Διάγραμμα Αμερικάνικου κύκλου SFTP SC03.	57
Σχήμα 22: Διάγραμμα Αμερικάνικου κύκλου SFTP US06.	58
Σχήμα 23: Διάγραμμα Αμερικάνικου κύκλου EPA NYCC.	59
Σχήμα 24: Διάγραμμα Ιαπωνικού κύκλου 10 – mode.	60

Σχήμα 25: Διάγραμμα Ιαπωνικού κύκλου 10 – 15 mode.	61
Σχήμα 26: Διάγραμμα Ιαπωνικού κύκλου JC 08.	62
Σχήμα 27: Διάγραμμα κύκλου WLTP για οχήματα κατηγορίας 3a – 3b.	67
Σχήμα 28: Διάγραμμα κύκλου WLTP για οχήματα κατηγορίας 2.	68
Σχήμα 29: Διάγραμμα κύκλου WLTP για οχήματα κατηγορίας 1.	69
Σχήμα 30: Διάγραμμα σύγκρισης κύκλου NEDC με τον κύκλο WLTP.	71
Σχήμα 31: Διάγραμμα Μέσης Ταχύτητας Πρωί – Απόγευμα – Μέσος Όρος.	80
Σχήμα 32: Διάγραμμα Μέσης Ταχύτητας (Χωρίς Στάση) Πρωί – Απόγευμα – Μέσος Όρος.	81
Σχήμα 33: Διάγραμμα Μέγιστης Ταχύτητας Πρωί – Απόγευμα – Μέσος Όρος.	81
Σχήμα 34: Διάγραμμα Μέσης Επιτάχυνσης Πρωί – Απόγευμα – Μέσος Όρος.	82
Σχήμα 35: Διάγραμμα Μέσης Επιβράδυνσης Πρωί – Απόγευμα – Μέσος Όρος.	82
Σχήμα 36: Διάγραμμα Ποσοστού Στάσεων Πρωί – Απόγευμα.	83
Σχήμα 37: Διάγραμμα Αριθμού Στάσεων Πρωί – Απόγευμα.	84
Σχήμα 38: Διάγραμμα Συνολικού Ποσοστού Στάσης.	84
Σχήμα 39: Διάγραμμα Φορτίου Μηχανής Πρωί – Απόγευμα – Μέσος Όρος.	85
Σχήμα 40: Διάγραμμα Κατανάλωσης Καυσίμου Πρωί – Απόγευμα – Μέσος Όρος.	85
Σχήμα 41: Διάγραμμα Διοξειδίου του Άνθρακα Πρωί – Απόγευμα – Μέσος Όρος.	86
Σχήμα 42: Διάγραμμα συγκρισης σχέσεων μετάδοσης στο κιβώτιο.	86
Σχήμα 43: Διάγραμμα κατανομής Κατανάλωσης – Διοξειδίου του άνθρακα.	88
Σχήμα 44: Διάγραμμα κατανομής Ταχύτητας – Διοξειδίου του άνθρακα.	88
Σχήμα 45: Διάγραμμα Αντιπροσωπευτικής Διαδρομής με Εξομάλυνση.	89
Σχήμα 46: Διάγραμμα Αντιπροσωπευτικής Διαδρομής χωρίς στάση.	90
Σχήμα 47: Διάγραμμα Στροφών Κινητήρα – Ταχύτητας Αντιπροσωπευτικής Διαδρομής.	91
Σχήμα 48: Διάγραμμα Ροπής – Ταχύτητας Αντιπροσωπευτικής Διαδρομής.	91
Σχήμα 49: Διάγραμμα Φορτίου – Ταχύτητας Αντιπροσωπευτικής Διαδρομής.	92
Σχήμα 50: Διάγραμμα Διοξειδίου του άνθρακα (CO ₂) - Ταχύτητα Αντιπροσωπευτικής Διαδρομής.	92
Σχήμα 51: Διάγραμμα Κατανάλωσης Καυσίμου - Διοξειδίου του άνθρακα Αντιπροσωπευτικής Διαδρομής.	93
Σχήμα 52: Διάγραμμα Φορτίου μηχανής – Διοξειδίου του άνθρακα Αντιπροσωπευτικής Διαδρομής.	93

Σχήμα 53: Διάγραμμα Σχέσεων Μετάδοσης – Διοξειδίου του άνθρακα κατανάλωσης.....	94
Σχήμα 54: Απεικόνιση ομοιότητας αντιπροσωπευτικού προφίλ με τον κύκλο WLTP.....	96
Σχήμα 55: Διάγραμμα Αργής – Αντιπροσωπευτικής – Γρήγορης Διαδρομής.....	97

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Διάγραμμα Κύκλου Εκπομπής Ρύπων.	16
Εικόνα 2: Ρυπογόνες ουσίες στο έδαφος.	17
Εικόνα 3: Ρύπανση των υδάτων (Μολυσμένο Ποτάμι).	18
Εικόνα 4: Ατμοσφαιρική Ρύπανση – Νέφος πάνω από πόλη.	19
Εικόνα 5: Φύσικες και Ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης.	21
Εικόνα 6: Πρωτογενείς και δευτερογενείς ρύποι.	23
Εικόνα 7: Ρύπανση του αέρα από τις εξατμίσεις των οχημάτων.	24
Εικόνα 8: Όχημα κατά την διάρκεια μετρήσεων σε οδόστρωμα.	38
Εικόνα 9: Όχημα κατά την διάρκεια μετρήσεων σε δυναμομετρική εξέδρα.	39
Εικόνα 10: Σύγκριση του κύκλου NEDC με τον κύκλο WLTP.	64
Εικόνα 11: Διαδρομή για την λήψη δεδομένων κατά την διάρκεια του πειράματος.	73
Εικόνα 12: Όχημα που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα (Fiat Pundo Evo).	74
Εικόνα 13: Συσκευή λήψης δεδομένων (ELM 327 – OBD 2).	75
Εικόνα 14: Λογισμικό Torque Pro.	76
Εικόνα 15: Δυνατότητες Λογισμικού Torque Pro.	76

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Ευρωπαϊκά πρότυπα από Euro 1 (1992) μέχρι Euro 6 (2014).....	29
Πίνακας 2: Χαρακτηριστικά κύκλων οδήγησης ECE – EUDC – NEDC.....	46
Πίνακας 3: Χαρακτηριστικά κύκλων οδήγησης Artemis.....	48
Πίνακας 4: Χαρακτηριστικά κύκλου οδήγησης ERMES.....	51
Πίνακας 5: Χαρακτηριστικά κύκλου οδήγησης FTP-75.....	53
Πίνακας 6: Χαρακτηριστικά κύκλου οδήγησης HWFET.....	54
Πίνακας 7: Χαρακτηριστικά κύκλου οδήγησης IM240.....	55
Πίνακας 8: Χαρακτηριστικά κύκλου οδήγησης LA92.....	56
Πίνακας 9: Χαρακτηριστικά κύκλου οδήγησης STFP SC03.....	57
Πίνακας 10: Χαρακτηριστικά κύκλου οδήγησης SFTP US06.....	58
Πίνακας 11: Χαρακτηριστικά κύκλου οδήγησης EPA NYCC.....	59
Πίνακας 12: Χαρακτηριστικά κύκλου οδήγησης 10 mode.....	60
Πίνακας 13: Χαρακτηριστικά κύκλου οδήγησης 10 – 15 mode.....	61
Πίνακας 14: Χαρακτηριστικά κύκλου οδήγησης JC 08.....	62
Πίνακας 15: Κατηγορίες οχημάτων σύμφωνα με την αναλογία ισχύος προς την μάζα (PMR)..	66
Πίνακας 16: Χαρακτηριστικά κύκλου οχημάτων κλάσεων 3a και 3b του WLTP.....	67
Πίνακας 17: Χαρακτηριστικά κύκλου οχημάτων κλάσης 2 του WLTP.....	68
Πίνακας 18: Χαρακτηριστικά κύκλου οχημάτων κλάσης 1 του WLTP.....	69
Πίνακας 19: Χαρακτηριστικά σύγκρισης του κύκλου NEDC με τον κύκλο WLTP.....	72
Πίνακας 20: Ρυθμίσεις προφίλ στο λογισμικό.....	79
Πίνακας 21: Δεδομένα προς μέτρηση κατά την διάρκεια του πειράματος.....	79
Πίνακας 22: Εργοστασιακές σταθερές σχέσεων μετάδοσης.....	87
Πίνακας 23: Χαρακτηριστικά Αντιπροσωπευτικής Διαδρομής.....	89
Πίνακας 24: Χαρακτηριστικά κύκλου οχημάτων κλάσεων 3a και 3b του WLTP προς σύγκριση με αντιπροσωπευτικό προφίλ.....	100
Πίνακας 25: Χαρακτηριστικά κύκλου αντιπροσωπευτικής διαδρομής προς σύγκριση με τον WLTP.....	100

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία, πραγματεύεται την διαδικασία με την οποία οργανισμοί και εταιρείες πραγματοποιούν μια διαδικασία που ονομάζεται “Κύκλος Οδήγησης” (Driving Cycle), με την οποία βρίσκονται σε θέση να υπολογιστούν με ακρίβεια σημαντικά στοιχεία που αφορούν κατά κύριο λόγο τις εκπομπές ρυπογόνων ουσιών από τα οχήματα στην ατμόσφαιρα και την κατανάλωση του καυσίμου που χρησιμοποιούν.

Όπως θα αναφερθεί στην πορεία της εργασίας, με την δημιουργία ενός αντιπροσωπευτικού προφίλ, για την οδήγηση ενός οχήματος, εκτός τις ρυπογόνες εκπομπές και την κατανάλωσης καυσίμου, μετρούνται ακόμη περισσότερα δεδομένα τα οποία είναι πολύ χρήσιμα για να κατανοήσει την λειτουργία ενός συγκεκριμένου οχήματος. Επίσης, με την πάροδο του χρόνου αναπτύχθηκε η δυνατότητα, μετρήσεις σαν αυτές να χρησιμοποιούνται σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης με αποτέλεσμα να μπορεί να καταγραφεί ακόμη και η κυκλοφοριακή συμφόρηση μιας διαδρομής σε διάφορες χρονικές περιόδους.

ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Με την πάροδο του χρόνου, όλο και περισσότερα οχήματα κυκλοφορούν στους δρόμους παγκοσμίως, με αποτέλεσμα ρυπογόνες ουσίες που παράγονται κατά την λειτουργία τους να διοχετεύονται, σε μεγάλες ποσότητες καθημερινά στην ατμόσφαιρα προκαλώντας σοβαρές επιπτώσεις σε αυτήν και όχι μόνο. Ρύποι που προέρχονται από τα οχήματα είναι η αιτία της ρύπανσης της ατμόσφαιρας, των υδάτων ακόμη και του εδάφους. Επίσης, όλα τα παραπάνω καταλήγουν σε εμάς τους ίδιους.

Με σκοπό να δοθεί έμφαση στη σημαντικότητα της διαδικασίας των Κύκλων Οδήγησης, η εργασία έχει μια συγκεκριμένη δομή ξεκινώντας με μια μικρή αναφορά στην Ρύπανση περιβάλλοντος εξηγώντας πως δημιουργείται ρύπανση στην ατμόσφαιρα, στα ύδατα και στο έδαφος. Στην συνέχεια αναλύονται οι περισσότεροι ρύποι που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα, είτε αυτοί έχουν δημιουργηθεί από φυσικές πηγές είτε από ανθρωπογενείς πηγές. Επίσης, δεν λείπει από τα πρώτα κεφάλαια μια πιο εμπλουτισμένη αναφορά στην Ατμοσφαιρική ρύπανση καθώς και ειδικότερα στους ρύπους που προέρχονται αποκλειστικά από τα οχήματα.

Στην συνέχεια, αναλύονται οι νομοθεσίες και τα πρότυπα – όρια που υπάρχουν για τις εκπομπές ρύπων από την Ε.Ε. Κλείνοντας το θεωρητικό κομμάτι της εργασίας παρουσιάζεται η έννοια του Κύκλου οδήγησης. Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει την διαδικασία της δημιουργίας ενός κύκλου οδήγησης αλλά και τυποποιημένοι κύκλοι από την Ευρώπη, τις Η.Π.Α και την Ιαπωνία. Τέλος, παίρνει μέρος το πειραματικό κομμάτι της εργασίας στο οποίο εξηγείται η διαδικασία που ακολουθήθηκε αλλά και τα αποτελέσματα που προκύψαν με την ολοκλήρωση του πειράματος.

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο σκοπός της εργασίας είναι η ανάλυση των κύκλων οδήγησης και η δημιουργία ενός αντιπροσωπευτικού προφίλ με κάποιο συγκεκριμένο όχημα σε μια συγκεκριμένη διαδρομή. Με την δημιουργία ενός τέτοιου κύκλου παράγονται δεδομένα που η επεξεργασία τους θα έχει ως αποτελεσμένα την ανάλυση δεδομένων όπως αυτά είναι : Οι εκπομπές ρυπογόνων ουσιών στην ατμόσφαιρα, την κατανάλωση καυσίμου του οχήματος, μια αξιολογή προβολή του κυκλοφοριακού της διαδρομής στην οποία πραγματοποιήθηκε το πείραμα και πολλά άλλα συμπεράσματα στην μορφή γραφημάτων που αφορούν την συγκεκριμένη διαδρομή. Πιο απλά ο σκοπός της εργασίας είναι η δημιουργία ενός Κύκλου Οδήγησης, σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης, και η ανάλυση των δεδομένων που θα προκύψουν.

1 Ρύπανση του Περιβάλλοντος

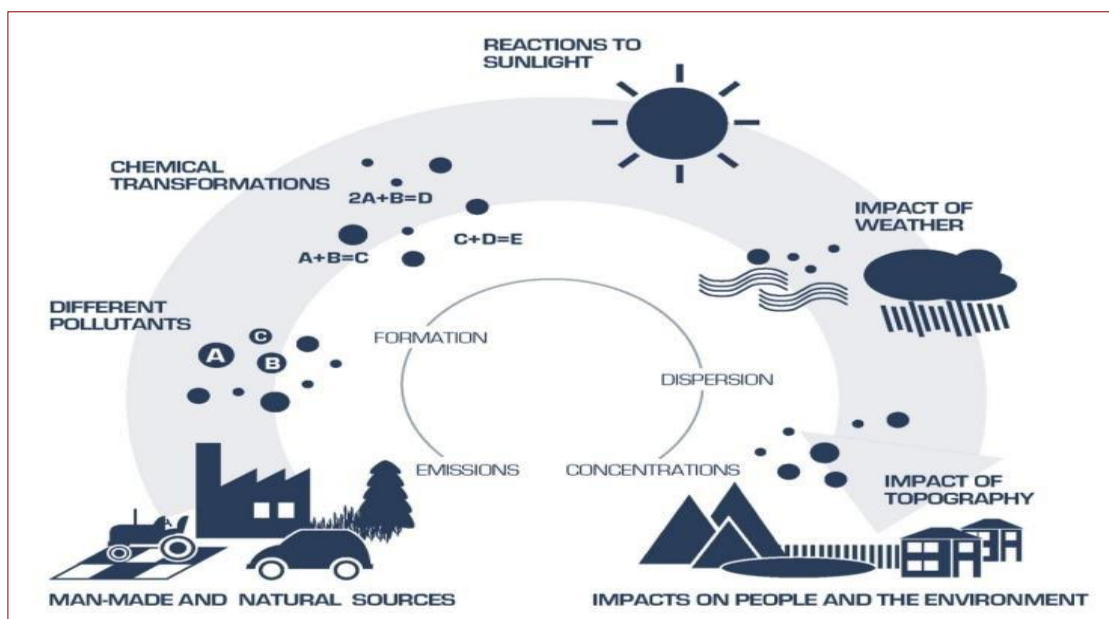
1.1 Εισαγωγή

Η ρύπανση είναι ένα φαινόμενο το οποίο απασχολεί πολύ τον τελευταίο καιρό τις περισσότερες κυβερνήσεις αλλά και οργανισμούς ανά τον κόσμο. Οι μορφές της ρύπανσης είναι πάρα πολλές όπως η χημική, η βιολογική, η ενεργειακή αλλά και η πολιτιστική και αισθητική ρύπανση. Για τον λόγο αυτό είναι σχεδόν ακατόρθωτο να προσδιοριστεί ένας γενικός ορισμός για αυτή. Παρόλα αυτά, θα μπορούσε κάποιος να αναφέρει ότι ρύπανση είναι κάθε τρόπος με τον οποίο παράγονται ανεπιθύμητες ουσίες οι οποίες προκαλούν κάποια βλάβη στο περιβάλλον ή σε κάποιο οικοσύστημα.

1.1.1 Ορισμός της Ρύπανσης

Η άποψη πολλών επιστημών για τον ορισμό της ρύπανσης είναι πολύπλευρη. Οι οικολόγοι, ορίζουν ως ρύπανση κάθε παραγωγική διεργασία, εξαιτίας των παραπροϊόντων και υποπροϊόντων – υλικών, ενεργειακών κ.α – που παράγονται από αυτή. Σύμφωνα με αυτόν τον ορισμό, σε μια ακραία βέβαια περίπτωση, ρύπανση μπορεί να θεωρηθεί ακόμα και η ίδια η ζωή. Είναι φανερό ότι η εισαγωγή ενός νέου σταδίου σε μια παραγωγική διεργασία οδηγεί, με βάση τον παραπάνω ορισμό, σε αύξηση της ρύπανσης. Οι τεχνολόγοι και οι τεχνοκράτες, θεωρούν ως ρύπανση κάθε τι που διαφεύγει από τις παραγωγικές διεργασίες ως αποτέλεσμα την έλλειψης υψηλής τεχνολογίας με την οποία θα μπορούσε να επιτευχθεί η συγκράτηση ή η εξουδετέρωση ανεπιθύμητων ουσιών ή μορφών ενέργειας που διαφεύγουν από τις παραγωγικές διεργασίες. Σε μια προσπάθεια συνδυασμού των διαφόρων απόψεων των επιστημόνων και διατύπωσης ενός γενικού ορισμού ως ρύπανση θα μπορούσε να θεωρηθεί κάθε μεταβολή η οποία μπορεί να προκαλέσει βραχυπρόθεσμες ή μακροπρόθεσμες αρνητικές επιδράσεις (αλλοιώσεις ή φθορές) στον ίδιο τον άνθρωπο ως ζωντανό οργανισμό, στην υλική ή πολιτιστική του κληρονομιά αλλά και στο περιβάλλον του (έδαφος, νερό, ατμόσφαιρα) όπως επίσης στους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς του πλανήτη μας.¹

¹ Σικιτάκης Κωνσταντίνος, Τόλιος Αθανάσιος – 2018 -Απορρύπανση εδάφους με τεχνολογίες ψυχρού πλάσματος – Πτυχιακή Εργασία, ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας, ΣΤΕΦ, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, σελ 1



Εικόνα 1: Διάγραμμα Κύκλου Εκπομπής Ρύπων.

1.2 Οικοσύστημα και ρύπανση

Όπως προαναφέρθηκε, οι πηγές ρύπανσης είναι πάρα πολλές, η ρύπανση σε μια περιοχή θα μπορούσε να προέρχεται από φυσικές ή ανθρωπογενείς αιτίες. Οι αιτίες αυτές θα αναλυθούν ειδικότερα σε επόμενο κεφάλαιο, συνοπτικά, φυσικές αιτίες ρύπανσης είναι οι εκρήξεις ηφαιστειών, οι υποθαλάσσιες αναβλύσεις λάβας, πετρελαίου και τοξικών αερίων, φωτιές από κεραυνούς κ.α. Οι ανθρωπογενείς αιτίες υπάγονται στην ρύπανση που προκαλεί ο άνθρωπος όπως είναι η βιομηχανική ρύπανση, η αγροτική ρύπανση η ρύπανση λόγω λυμάτων κ.α. Η ρύπανση διακρίνεται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες :

- Ρύπανση του εδάφους.
- Ρύπανση των υδάτων (υπογείων, επιφανειακών και θαλάσσιων).
- Ρύπανση της ατμόσφαιρας.

1.2.1 Ρύπανση του Εδάφους

Ο όρος ρύπανση του εδάφους αναφέρεται στην μείωση της ικανότητας του εδαφικού οικοσυστήματος να επιτελέσει τις βασικές του λειτουργίες, ως αποτέλεσμα της εναπόθεσης οργανικών ή ανόργανων ουσιών. Η ρύπανση του εδάφους είναι μια ειδική περίπτωση της ευρύτερης έννοιας του όρου υποβάθμιση της ποιότητας του εδάφους και αναφέρεται στην χημική του υποβάθμιση. Οι διάφορες χημικές ουσίες που προκαλούν τη ρύπανση του εδάφους μπορεί να προέρχονται είτε από φυσικές πηγές, είτε από ανθρωπογενείς πηγές ρύπων.² Η είσοδος των ρύπων στο έδαφος είναι πολύ πιθανό να προκαλέσει ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα. Η ρύπανση του εδάφους και κατ' επέκταση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα μπορεί να έχει σημαντικές άμεσες ή έμμεσες αρνητικές επιπτώσεις τόσο στην ανθρώπινη υγεία όσο και σε γειτονικούς οικολογικούς αποδέκτες του ρυπασμένου πεδίου. Η ρύπανση του εδάφους έχει ως αποτέλεσμα την δυσλειτουργία του εδαφικού οικοσυστήματος και τη μείωση της ικανότητας του να επιτελεί κάποιες από τις λειτουργίες του.²

²Άρθρο Ιστοσελίδα lifesos.eu- Ρύπανση του εδάφους - 2009 - 2020 LIFE07 ENV/GR/000278 - <http://www.lifesos.eu/index.php/el/pollution>



Εικόνα 2: Ρυπογόνες ουσίες στο έδαφος.

1.2.2 Ρύπανση των Υδάτων

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως συνήθως, το επόμενο βήμα από την εδαφική ρύπανση είναι η ρύπανση των υδάτων. Όλοι οι ρύποι που αιωρούνται στην ατμόσφαιρα κατακάθονται στο έδαφος και με τις βροχές καταλήγουν στους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες. Βέβαια, η ρύπανση των υδάτων δεν προέρχεται μόνο έμμεσα, δηλαδή από ουσίες που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα και στο έδαφος, αλλά και άμεσα από λύματα που ρίχνονται στα ποτάμια και στις θάλασσες.



Εικόνα 3: Ρύπανση των υδάτων (Μολυσμένο Ποτάμι).

Σε άρθρο του ο κ. Αθανάσιος Μπουρούνης, γράφει ότι με τον όρο ρύπανση των υδάτων εννοούμε κάθε άμεση ή έμμεση εισαγωγή ουσιών ή ενέργειας στο υδάτινο περιβάλλον που έχει βλαβερή επίδραση στους οργανισμούς, είναι επικίνδυνη για την ανθρώπινη υγεία και τέλος αλλοιώνει την ποιότητα του νερού και υποβαθμίζει τις δυνατότητες χρήσης του. Η ρύπανση των υδάτων δημιουργείται με την απελευθέρωση, στο υδάτινο περιβάλλον, ουσιών οι οποίες είτε διαλύονται είτε κατακάθονται στον πυθμένα και οι οποίες εισφέρουν αλλαγή στα φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά των επιφανειακών νερών.³

Οι ρύποι αυτοί είναι πάρα πολλοί και αυτό διότι στον υδάτινο ορίζοντα καταλήγουν και οι ρύποι από την ρύπανση της ατμόσφαιρας και την ρύπανση του εδάφους, μέσω των βροχών και της απορροής. Οι σημαντικότερες πηγές ρύπανσης είναι τα βιομηχανικά απόβλητα, οι βιομηχανικές διαδικασίες, τα αστικά λύματα και οι γεωργικές δραστηριότητες. Η απόρριψη, με μερική ή καμία επεξεργασία καθαρισμού ακάθαρτων νερών ή χημικών που προέρχονται από ανθρώπινες δραστηριότητες στα ποτάμια, τις λίμνες και την θάλασσα, χαρακτηρίζονται από μεγάλη περιεκτικότητα σε οργανικά συστατικά και αυτό έχει σαν συνέπεια τη σοβαρή ρύπανση της περιοχής γύρω από το σημείο εκβολής.³

³ Αθανάσιος Μπουρούνης – Ρύπανση των Υδάτων – Ελευθερη Ζώνη - <http://www.elzoni.gr/html/ent/081/ent.49081.asp>

1.2.3 Ρύπανση της Ατμόσφαιρας

Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό περιβάλλοντος, η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ένα τοπικό πρόβλημα όλης της Ευρώπης και όχι μόνο. Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι που εκλύονται σε μια χώρα ενδέχεται να μεταφερθούν στην ατμόσφαιρα και να επιδεινώσουν ή να καταστήσουν κακή την ποιότητα του αέρα σε μια άλλη περιοχή. Η ατμοσφαιρική ρύπανση, με την οποία θα ασχοληθεί πιο αναλυτικά η παρούσα εργασία σε επόμενο κεφάλαιο, βλάπτει την υγεία του ανθρώπου και το περιβάλλον. Στην Ευρώπη, οι εκπομπές πολλών ατμοσφαιρικών ρύπων έχουν μειωθεί σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες με αποτέλεσμα τη βελτίωση της ποιότητας της ατμόσφαιρας στην περιοχή.⁴

Ωστόσο, οι συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικών ρύπων παραμένουν σε υπερβολικά υψηλό επίπεδο και τα προβλήματα ποιότητας του αέρα εξακολουθούν να υπάρχουν. Σημαντικό ποσοστό του ευρωπαϊκού πληθυσμού κατοικεί σε περιοχές, ιδιαίτερα σε πόλεις, όπου παρουσιάζονται υπερβάσεις στα πρότυπα ποιότητας του αέρα, όπως είναι το όζον, το διοξείδιο του αζώτου και τα αιωσούμενα σωματίδια. Όλα τα παραπάνω ενέχουν σοβαρούς κινδύνους για την υγεία. Πολλές χώρες έχουν υπερβεί ένα ή περισσότερα από τα όρια εκπομπών του 2010 για τέσσερις σημαντικούς ατμοσφαιρικούς ρύπους. Ως εκ τούτου, το θέμα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης παραμένει σημαντικό.⁴



Εικόνα 4: Ατμοσφαιρική Ρύπανση – Νέφος πάνω από πόλη.

Πολλές φορές σπάνια κατανοεί κάποιος πόσο σημαντική είναι η πλέον επικρατούσα λέξη “Ρύπανση”. Λόγω της σημαντικότητας της είναι φανερό, ότι πολλοί οργανισμοί και κυβερνήσεις ευαισθητοποιούνται με σκοπό τον περιορισμό της και τον όσο πιο δυνατό περιορισμό της. Κάθε χρόνο, ανανεώνονται όλα τα πρότυπα που αφορούν τους ρύπους με αποτέλεσμα χρόνο με το χρόνο να επιτυγχάνεται ο περιορισμός αυτών.

⁴ Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος – 2017 – Ατμοσφαιρική Ρύπανση - <https://www.eea.europa.eu/el/themes/air/intro>

2 Ατμοσφαιρική Ρύπανση

2.1 Εισαγωγή

2.1.1 Ορισμός Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

Ατμοσφαιρική ρύπανση ονομάζεται η παρουσία στην ατμόσφαιρα ρύπων, δηλαδή κάθε είδους ουσιών, σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια τέτοια ώστε να προκαλείται αλλοίωση της δομής, της σύστασης και των χαρακτηριστικών της ατμόσφαιρας. Αυτές οι αλλαγές μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και τα οικοσυστήματα και γενικά να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του. Η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να προκληθεί τόσο από φυσικές όσο και από ανθρωπογενείς πηγές.⁵

Ο ορισμός της ρύπανσης της ατμόσφαιρας θα μπορούσε να αποτυπωθεί διαφορετικά, ως ο διασκορπισμός ουσιών στην ατμοσφαίρα, που λόγω της φύσης τους ή της ποσότητας τους είναι σχεδόν αδύνατον να διασπαστούν ή να αλλάξουν μορφή από τους φυσικούς αμυντικούς μηχανισμούς του περιβάλλοντος.

2.1.2 Νέφος αιθαλομίχλης – Φωτοχημικό νέφος

Οι συνθήκες διαβίωσης μιας περιοχής ή ενός τόπου, πολλές φορές είναι άμεσα εξαρτώμενες από τα επίπεδα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Είναι πολύ πιθανόν φαινόμενα ατμοσφαιρικής ρύπανσης να δημιουργούν ανεπιθύμητες καταστάσεις. Για την περιγραφή αυτών των καταστάσεων, έχει επικρατήσει ο όρος “νέφος”. Το νέφος κατέχει δυο υποκατηγορίες, το νέφος αιθαλομίχλης και το φωτοχημικό νέφος. Το νέφος αιθαλομίχλης σχηματίζεται όταν στην ατμόσφαιρα υπάρχει υψηλή συγκέντρωση ρύπων, όπως το διοξείδιο του θείου (SO_2), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και τα αιωρούμενα σωματίδια, σε συνδυασμό με σχετικά χαμηλή θερμοκρασία και υψηλή υγρασία.⁵

Το φαινόμενο αυτό, περνει μεγαλύτερη θέση κατά τους χειμερινούς μήνες και κυρίως τις πρωινές ώρες κατά τις οποίες επικρατούν οι παραπάνω καιρικές συνθήκες. Το φωτοχημικό νέφος παρουσιάζεται όταν επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες, μεγάλη ηλιοφάνεια, χαμηλή υγρασία και υψηλή συγκέντρωση συγκεκριμένων ενώσεων, όπως τα οξειδία του αζώτου, το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οι υδρογονάνθρακες και τα προϊόντα των αντιδράσεων τους.⁵

⁵Αμαλία Λεβέντη – 2015 – “Διαχρονική εξέλιξη της ποιότητας του αέρα στην ευρύτερη περιοχή του Λεκανοπεδίου Αθηνών: Ρύποι, τύποι περιβάλλοντος, επεισόδια ατμοσφαιρικής ρύπανσης” - Διπλωματική Εργασία – Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τομέας Περιβάλλοντος & Μετεωρολογίας, Τμήμα Φυσικής – σελ 7

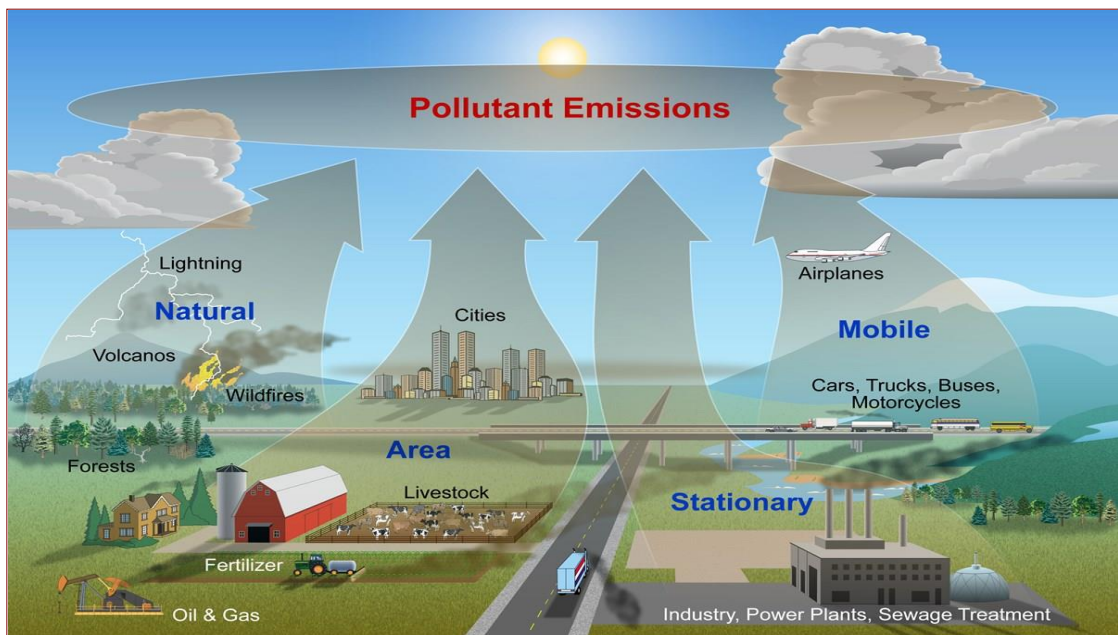
2.2 Πηγές Ρύπανσης

2.2.1 Φυσικές πηγές Ρύπανσης

Η ατμοσφαιρική ρύπανση δεν προκαλείται μόνο από αέρια απόβλητα βιομηχανιών και κινητήρων οχημάτων. Υπάρχουν και φυσικές πηγές που παράγουν ουσίες σε μεγάλες ποσότητες οι οποίες είναι βλαβερές για την ατμόσφαιρα. Τέτοιες πηγές ρύπανσης είναι : ⁶

- Οι ηφαιστειακές εκρήξεις που απελευθερώνουν αέριους ρύπους όπως, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, υδρόθειο, διοξείδιο του θείου αλλά και σωματιδιακούς ρύπους όπως είναι η τέφρα και η σκόνη.
- Οι πυρκαγιές των δασών που απελευθερώνουν αέριους ρύπους όπως αυτοί είναι το μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα, τα οξείδια του αζώτου καθώς και σωματιδιακούς ρύπους.
- Οι έρημοι από τις οποίες οι άνεμοι μεταφέρουν σκόνη σε πολύ μακρινές αποστάσεις.
- Οι ωκεανοί και οι θάλασσες που απελευθερώνουν σωματιδιακούς ρύπους οι οποίοι περιέχουν αλάτι.
- Οι βιολογικές δραστηριότητες των ανθρώπων, των φυτών και των ζώων οι οποίες παράγουν αέριους ρύπους όπως είναι το μεθάνιο ή άλλους πτητικούς υδρογονάνθρακες.

Όμως οι φυσικές πηγές ρύπανσης δεν είναι τόσο σημαντικές όσο οι ανθρωπογενείς πηγές. Οι φυσικές πηγές πολλές φορές παράγουν ρύπους σε ποσότητες που το ίδιο το περιβάλλον είναι ικανό να απορροφήσει σε ένα χρονικό διάστημα.



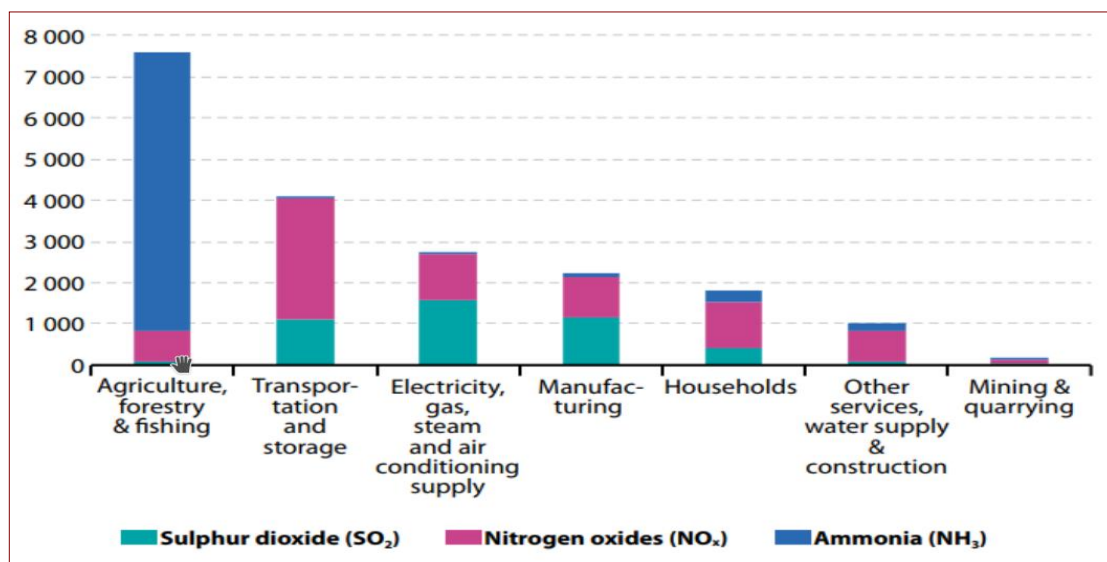
Εικόνα 5: Φύσικες και Ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης.

⁶Εμμανουέλλα Ρεμουντάκη – 2010 – Αέρας και ατμοσφαιρική ρύπανση – WWF Ελλάδα – http://www.wwf.gr/images/pdfs/WWF%20Ellas_Odigos%20gia%20to%20perivallon_Aeras.pdf – σελ 16-21

2.2.2 Ανθρωπογενείς πηγές Ρύπανσης

Το μεγαλύτερο πρόβλημα στην ατμόσφαιρα το προκαλούν οι ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης, δηλαδή οι ρύποι που προέρχονται στην ατμόσφαιρα λόγω ανθρωπίνων δραστηριοτήτων. Τέτοιες πηγές παρουσιάζονται παρακάτω :⁶

- Η παραγωγή και η μεταφορά ενέργειας είναι μια απο τις πιο σημαντικότερες πηγές ρύπανσης σε παγκόσμιο επίπεδο. Για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας καιγονται τεράστιες ποσότητες ορυκτών καυσίμων, όπως είναι ο λιγνίτης, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο με αποτέλεσμα να παράγονται τεράστιες ποσότητες μονοξειδίου του άνθρακα (CO), διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), διοξειδίου του θείου (SO₂), οξειδία του αζώτου(NO_x), αιθίνιο (HC) καθώς και σωματίδια όπως είναι η τέφρα και τα βαρέα μέταλλα.
- Οι βιομηχανικές μονάδες με την σειρά τους, για την παραγωγή διαφόρων προϊόντων, παράγουν πλήθος αέριων ρύπων και σωματίδια όπως είναι το μονοξειδίο του άνθρακα (CO), διοξειδίο του άνθρακα (CO₂).



Σχήμα 1: Διάγραμμα απεικόνισης ρύπων ανά οικονομική δραστηριότητα.

- Σημαντικός παράγοντας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι και οι μεταφορές οχημάτων, λεωφορείων και φορτηγών. Οι κινητήρες των αυτοκινήτων είτε βενζινοκίνητοι είτε πετρελαιοκίνητοι παράγουν ρύπους όμοιους με αυτούς των βιομηχανιών παραγωγής ενέργειας, μονοξειδίο του άνθρακα (CO), διοξειδίο του άνθρακα (CO₂), διοξειδίο του θείου (SO₂), οξειδία του αζώτου(NO_x), αιθίνιο (HC).
- Επίσης, διαδικασίες καύσεων που αποσκοπούν στην κεντρική θέρμανση σπιτιών ή στην θέρμανση νερού για βιομηχανίες παράγουν ρύπους σε μορφή σωματιδίων αλλά και ρύπους όμοιους με αυτές των βιομηχανιών και των μεταφορών.
- Τέλος, άλλοι σημαντικοί παράγοντες της ρύπανσης είναι η εναπόθεση απορριμάτων που με την σειρά της παράγει ρύπους όπως, το μονοξειδίο του άνθρακα (CO), το διοξειδίο

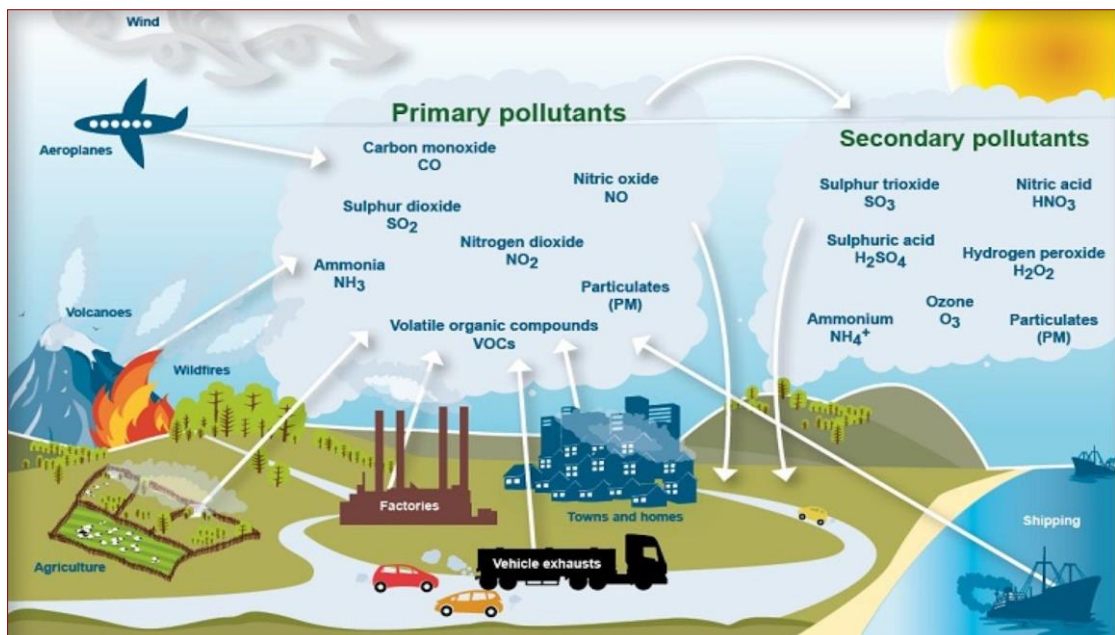
του άνθρακα (CO_2), το υδρόθειο (H_2S), την αμμωνία (NH_3), το μεθάνιο (CH_4). Καθώς και οι γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες με όμοιους ρύπους με τα παραπάνω.

2.3 Κατηγορίες Ρύπων

Άλλη μια μεγάλη διάκριση ανάμεσα στους ατμοσφαιρικούς ρύπους είναι ο τρόπος με τον οποίο παράγονται. Οι ρύποι αυτοί, που θα αναλυθούν στο παρακάτω υπό κεφάλαιο χωρίζονται σε πρωτογενείς και σε δευτερογενείς ρύπους.

2.3.1 Πρωτογενείς Ρύποι

Πρωτογενείς ρύποι ονομάζονται εκείνοι οι ρύποι οι οποίοι παράγονται και διοχετεύονται απευθείας στην ατμόσφαιρα. Τέτοιοι ρύποι είναι εκείνοι που παράγονται από φυσικές πηγές όπως είναι τα ηφαίστεια ή από βιομηχανίες και καύσιμα διαφόρων οχημάτων. Οι σημαντικότεροι είναι τα αιωρούμενα σωματίδια (PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, PM_1), ο καπνός, το διοξείδιο του θείου (SO_2), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το μονοξείδιο του αζώτου (NO), οι υδρογονάνθρακες, το χλώριο (Cl_2) και το φθόριο (F_2).⁶



Εικόνα 6: Πρωτογενείς και δευτερογενείς ρύποι.

2.3.2 Δευτερογενείς Ρύποι

Οι δευτερογενείς ρύποι είναι οι ρύποι που δεν παράγονται από κάπου αλλά δημιουργούνται από χημικές αντιδράσεις και μετασχηματισμούς πρωτογενών ρύπων στην ατμόσφαιρα, όπως είναι το τριοξείδιο του θείου (SO_3) το οποίο σχηματίζεται στην ατμόσφαιρα με οξείδωση του πρωτογενούς εκπεμπόμενου διοξειδίου του θείου (SO_2). Ρύποι όπως αυτοί μπορούν να σχηματιστούν σε διαφορετική περιοχή και σε διαφορετικό χρόνο από την περιοχή και τον χρόνο της πρωτογενής μορφής του. Πολλές είναι οι περιπτώσεις που οι σχηματισμένοι δευτερογενείς ρύποι είναι πιο βλαβερή από τους πρωτογενείς.⁶

3 Ατμοσφαιρική Ρύπανση και Οδικές Μεταφορές

3.1 Εισαγωγή

Είναι φανερό ότι τα τελευταία χρόνια, το μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού επιλέγει να αγοράσει το προσωπικό του όχημα. Πολλές φορές, αφού το βιοτικό επίπεδο παγκόσμια έχει ανέβει σε σχέση με τις περασμένες δεκαετίες, στο άτομο δεν αντιστοιχεί μόνο ένα όχημα άλλα περισσότερα. Η ανάπτυξη της οδικής κυκλοφορίας λοιπόν, παρόλα τα θετικά της, βρίσκει πολλά αρνητικά όσον αφορά τους εκπεμπόμενους ρύπους από τα αυτοκίνητα. Το Ινστιτούτο Worldwatch των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής, αναφέρει ότι η μισή ποσότητα NO_x, CO και το μεγαλύτερο ποσοστό μολύβδου εκπέμπονται από τα αυτοκίνητα.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση υποστηρίζει μια στρατηγική για τα μη ρυπογόνα οχήματα, η οποία αφορά τις εκπομπές CO₂ και τους υπόλοιπους ρύπους που παράγονται κατά την καύση. Κατά την προσπάθεια μείωσης των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα, έθεσε τα όρια των εκπομπών για τα καινούργια οχήματα σε ένα μέσο όρο των 130 γραμματίων ανα χιλιόμετρο μεταξύ των ετών 2012 και 2015. Μέχρι το 2020 προτίθεται να θεσπίσει πιο αυστηρά όρια με την μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στα 95 γραμμάρια ανά χιλιόμετρο. Στις 28 Απριλίου 2010, η Ε.Ε. ανακοίνωσε την στρατηγική της για την ανάπτυξη των καθαρών και ενεργειακά αποδοτικών βαρέων οχημάτων, ελαφρών επιβατικών οχημάτων και άλλων δίκυκλων ή τρίκυκλων.⁷



Εικόνα 7: Ρύπανση του αέρα από τις εξατμίσεις των οχημάτων.

Για να εκφραστεί η ρύπανση που προέρχεται από τα οχήματα, χρησιμοποιείται ο μέσος συντελεστής εκπομπής ενός οχήματος ο οποίος εκφράζει την ρύπανση σε γραμμάρια ρύπου ανά χιλιόμετρο που διανύεται, τη μέση χιλιομετρική απόσταση που διανύεται από κάθε όχημα τη δεδομένη χρονική περίοδο και τον συνολικό αριθμό των οχημάτων που κυκλοφορούν στην περιοχή το αντίστοιχο χρονικό διάστημα. Τα βενζινοκίνητα εκπέμπουν λιγότερο μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οξείδια του αζώτου (NO_x) και υδρογονάνθρακες (HC) ενώ τα πετρελαιοκίνητα εκπέμπουν μεγάλες ποσότητες αιθάλης (PM). Το 90%

⁷Έλενα Λαου – 2013 – Πρόβλεψη αέριων εκπομπών από τις οδικές μεταφορές στην Κύπρο μέχρι το 2030 – Πτυχιακή Διατριβή - Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου, Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών και Διαχείρισης Περιβάλλοντος, Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Περιβάλλοντος – σελ 11

των σωματιδίων έχουν διάμετρο μικρότερη από 1mm με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο χρόνος αιώρησης των σωματιδίων και αυτά να καταλήγουν ευκολότερα στους πνεύμονες.⁷

3.2 Εκπεμπόμενοι ρύποι από τα Αυτοκίνητα

Στα μέσα του 20ου αιώνα, αποτέλεσμα της αυξανόμενης κυκλοφοριακής κίνησης οι εκπομπές ρύπων, εμφάνισαν τεράστιες απειλές για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα. Το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού της Ευρωπαϊκής Ένωσης κατοικεί σε μεγαλουπόλεις όπου ο αριθμός των οχημάτων που κυκλοφορούν έχει αυξηθεί ραγδαία. Τα οχήματα εκπέμπουν επικίνδυνους ρύπους στην ατμόσφαιρα, όπως είναι μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οξείδια του αζώτου (NOx) και υδρογονάνθρακες (HC), διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), αιωρούμενα σωματίδια (PM), πτητικές ενώσεις (NM_{VOCs}) και διοξείδιο του θείου (SO₂). Τα προβλήματα που σχετίζονται με την παραγωγή ρύπων που προαναφέρθηκαν παίρνουν παγκοσμίων ανησυχητικές διαστάσεις. Οι ρύποι που παράγονται από τα αυτοκίνητα παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω.

3.2.1 Διοξείδιο του Άνθρακα

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) είναι αέριο και συστατικό της ατμόσφαιρας, είναι άχρωμο, άοσμο και άγευστο σε κανονικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας, επίσης είναι ένα από τα αέρια του θερμοκηπίου. Αποτελεί υποπροϊόν όλων των καύσεων ορυκτών καυσίμων (κάρβουνου, πετρελαίου, βενζίνης, φυσικού αερίου κλπ) αλλά και ξύλου, πλαστικών και άλλων οργανικών ενώσεων. Παράγεται ακόμα από την αποσύνθεση οργανικών ουσιών. Από το ανθρωπογενές CO₂ που εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα το 50% διαλύεται στους ωκεανούς και απορροφάται από τα επίγεια οικοσυστήματα και το άλλο 50% διοχετεύεται στην ατμόσφαιρα.²⁷

Μετά από ψηφοφορία στο Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, ψηφίστηκαν υπέρ, τα αυστηρότερα όρια για τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα από τα αυτοκίνητα. Τα αυτοκίνητα και τα ημιφορτηγά παράγουν περίπου το 15% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην Ευρωπαϊκή ένωση συμβάλλοντας στην κλιματική αλλαγή. Ο κλάδος των μεταφορών είναι ο μοναδικός κλάδος όπου οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου παραμένουν υψηλότερες από τα επίπεδα του 1990. Το 2018, ο μέσος όρος εκπομπών CO₂ των νέων αυτοκινήτων ανήλθε στα 118,5g CO₂/km σημειώνοντας σταθερή πτώση τα τελευταία χρόνια. Βάσει των ισχυόντων κανόνων, το μέσο καινούργιο αυτοκίνητο δεν πρέπει να εκπέμπει πάνω από 95g/km CO₂ έως το 2021.⁸

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή πρότεινε τη μείωση των ορίων του 2021 για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από νέα αυτοκίνητα και ημιφορτηγά κατά 15% από το 2025 και κατά 30% από το 2030. Το Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο συμφώνησαν να θεαθούν ακόμα υψηλότεροι στόχοι για την μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, από τα νέα αυτοκίνητα κατά 37.5% και 31% αντιστοίχως έως το 2030. Οι νέοι κανόνες έλαβαν την έγκριση των ευρωβουλευτών κατά την δεύτερη σύνοδο ολομέλειας του Μαρτίου, στις 27 Μαρτίου 2019. Στις 18 Απριλίου, οι ευρωβουλευτές ενέκριναν, επίσης, την πρόταση μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κατά 30% στα νέα βαρέα οχήματα μέχρι το 2030, σε σύγκριση με τα επίπεδα του 2019.⁸

3.2.2 Μονοξείδιο του Άνθρακα

Το μονοξείδιο του άνθρακα βρίσκεται σε μικρές συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα της Γης, είναι κυρίως προϊόν της ηφαιστειακής δραστηριότητας αλλά επίσης παράγεται σε μεγάλες ποσότητες από την καύση ορυκτών καυσίμων από βιομηχανίες και τα οχήματα που κυκλοφορούν. Παράγεται όταν δεν υπάρχει αρκετό οξυγόνο για να παραχθεί διοξείδιο του άνθρακα, όπως αυτό συμβαίνει σε μια μηχανή εσωτερικής καύσης σε κλειστό χώρο. Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι βραχύβιο αέριο του θερμοκηπίου και επίσης

⁸ Έλενα Λαου – 2013 – Πρόβλεψη αέριων εκπομπών από τις οδικές μεταφορές στην Κύπρο μέχρι το 2030 – Πτυχιακή Διατριβή - Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου, Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών και Διαχείρισης Περιβάλλοντος, Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Περιβάλλοντος – σελ 25

επιφέρει έμμεση συνεισφορά στο φαινόμενο εγκλεισμού ακτινοβολίας, αυξάνοντας τις συγκεντρώσεις του ατμοσφαιρικού μεθανίου και του ποδοσφαιρικού όζοντος, διαμέσου χημικών αντιδράσεων με άλλα ατμοσφαιρικά χημικά είδη, όπως οι ελεύθερες ρίζες υδροξυλίου (OH*) που τείνουν να τα εξουδετερώνουν.²⁷

3.2.3 Οξειδία του αζώτου

Με τον γενικό όρο οξειδία του αζώτου (NO_x) γίνεται αναφορά στο αέριο μίγμα μονοξειδίου του αζώτου (NO) και διοξειδίου του αζώτου (NO₂) που υπάρχει στην ατμόσφαιρα, αποτελώντας έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες ρύπανσης της. Τα οξειδία του αζώτου σχηματίζονται κατά τις διαδικασίες καύσεως κυρίως ορυκτών καυσίμων (βενζίνης, πετρελαίου, γαιανθράκων) σε κινητήρες οχημάτων και εργοστάσια αλλά και από κατασκευές οικιακής χρήσης (κεντρικές θερμάνσεις, τζάκια κτλ) Στις συνθήκες αυτές που επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις.²⁷

Κατά την διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, η Επιτροπή του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου πρωτοστάτησε σε σειρά προσπαθειών της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη σταδιακή μείωση των εκπομπών 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. Σε ότι αφορά ειδικότερα τις εκπομπές των οξειδίων του αζώτου, η Επιτροπή έχει κάνει αυστηρότερα τα ανώτατα όρια εκπομπών για τα πετρελαιοκίνητα επιβατικά αυτοκίνητα επανειλημμένα. Πιο αναλυτικά τον Ιανουάριο του 2000 (Euro 3) έδωσε όριο 500 mg/km, τον Ιανουάριο του 2005 (Euro 4), το όριο κατέβηκε στα 250 mg/km, τον Σεπτέμβριο του 2009 (Euro 5) υπήρξε πτώση στα 180 mg/km, ενώ τον Σεπτέμβριο του 2014 (Euro 6) στα 80 mg/km.⁹

Ωστόσο, αυτό από μόνο του δεν αρκεί. Πρόσφατο σκάνδαλο που έχει σχέση με τις εκπομπές ρύπων, έδειξε ότι κάποια από τα αυτοκίνητα που κυκλοφορούν σήμερα δεν τηρούν τις τιμές αυτές όταν κινούνται υπό πραγματικές συνθήκες οδήγησης δηλαδή ότι στον αέρα που αναπνέουμε εκπέμπονται στην πραγματικότητα περισσότεροι ρύποι. Η θέσπιση της διαδικασίας δοκιμής των εκπομπών σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης (Real Driving Emissions – RDE) κάνει αυστηρότερους του κανόνες καθώς η διαδικασία αυτή ελέγχει τις εκπομπές οξειδίων του αζώτου και πολύ λεπτών σωματιδίων, όπως θα αναλυθεί στην συνέχεια, των οχημάτων στο δρόμο και θα περιορίσει σημαντικά την υφιστάμενη απόκλιση μεταξύ των μετρήσεων των εκπομπών σε πραγματικές συνθήκες με αυτών που πραγματοποιούνται σε εργαστήριο.⁹

3.2.4 Μη Μεθανιούχες Πτητικές Ενώσεις

Οι βιογενείς NM_{voc} σχηματίζονται κυρίως από τους μικροοργανισμούς και τα φυτά. Έχουν ισχυρή επίδραση στην χημεία της τοπικής ατμόσφαιρας. Αναλύοντας τις εκπομπές των μη μεθανιούχων πτητικών ενώσεων, επισημαίνεται μια σημαντική διαφορά από τις πηγές εκπομπών των οξειδίων του αζώτου. Οι οδικές μεταφορές ευθύνονται σχεδόν για το 41% από τις συνολικές ανθρωπογενείς εκπομπές των NM_{voc}. Η χρήση οργανικών διαλυτών για διάφορες εφαρμογές είναι η πηγή περίπου του 32% των ανθρωπογενών εκπομπών μη μεθανιούχων πτητικών ενώσεων, ακολουθούμενη από βιομηχανικές διεργασίες παραγωγής.¹⁰

Η ανάλυση των κύριων πηγών ορίζει τα ακόλουθα αποτελέσματα στις οδικές μεταφορές. Η πιο σημαντική διαφορά σε σχέση με τις εκπομπές των οξειδίων του αζώτου είναι ότι οι εκπομπές NM_{voc} σχεδόν αποκλειστικά προέρχονται από βενζινοκίνητα οχήματα. Επιπλέον οι εκπομπές αυτές διακρίνονται και από τις εκπομπές λόγω της εξάτμισης της βενζίνης από τα σταθμευμένα αυτοκίνητα. Σχεδόν το 53% των εκπομπών NM_{voc} από τις μεταφορές προέρχεται από τη λειτουργία των επιβατικών αυτοκινήτων, ένα

⁹Ευρωπαϊκή Επιτροπή – 2017 – Η ΕΕ παίρνει μέτρα για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προκαλούν τα αυτοκίνητα
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/el/MEMO_17_2821

άλλο 24% από την εξάτμιση της βενζίνης από τα διάφορα οχήματα. Τα μοτοποδήλατα και οι μοτοσικλέτες ευθύνονται για το 10% των εκπομπών NM_{VOC} , τα βαρέα οχήματα κατά 9% και τα ελαφρά εμπορικά 5%.¹⁰

3.2.5 Αιωρούμενα Σωματίδια

Τα PM (Particulate Matter) είναι μια αόρατη αλλά εξαιρετικά επικίνδυνη μορφή ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Χωρίζονται ανάλογα με την διάμετρό τους ως PM_{10} όταν έχουν διάμετρο μικρότερη από 10μ, ως $\text{PM}_{2.5}$ όταν η διάμετρο τους είναι μικρότερη από 2.5μ, ως PM_1 όταν η διάμετρό τους είναι μικρότερη από 1μ. Η σύσταση των PM αποτελείται από βαρέα μέταλλα, πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες. Το ανώτατο επιτρεπτό όριο για τα αιωρούμενα σωματίδια με διάμετρο 10μ σύμφωνα με την οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ μέση ημερήσια τιμή, η οποία να μην υπερβαίνεται περισσότερο από 35 φορές τον χρόνο. Και $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ μέση ετήσια τιμή. Η κυκλοφορία των μηχανοκίνητων οχημάτων είναι μια από τις κύριες πηγές εκπομπής αιωρούμενων σωματιδίων.¹¹

3.2.6 Διοξείδιο του Θείου

Το διοξείδιο του θείου είναι μια ανόργανη χημική ένωση, είναι άχρωμο με μια οσμή “καιόμενου θείου” και αποτελεί το κυριότερο προϊόν της καύσεως ουσιών που περιέχουν θείο. Το διοξείδιο του θείου απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα κατά τις κρήξεις των ηφαιστειών και σε μικρότερες ποσότητες από διάφορες βιομηχανίες και την καύση ορυκτών καυσίμων. Το διοξείδιο του θείου παράγεται από τα αυτοκίνητα με την καύση της βενζίνης, αυτό στην συνέχεια μετατρέπεται στην ατμόσφαιρα σε θειικό οξύ (H_2SO_4) το οποίο πέφτει μαζί με τις βροχές προκαλώντας πολλές καταστροφές στο έδαφος σε φυτά αλλά και μνημεία.²⁷

¹⁰ Έλενα Λαου – 2013 – Πρόβλεψη αέριων εκπομπών από τις οδικές μεταφορές στην Κύπρο μέχρι το 2030 – Πτυχιακή Διατριβή - Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου, Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών και Διαχείρισης Περιβάλλοντος, Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Περιβάλλοντος – σελ 29-30

¹¹ Έλενα Λαου – 2013 – Πρόβλεψη αέριων εκπομπών από τις οδικές μεταφορές στην Κύπρο μέχρι το 2030 – Πτυχιακή Διατριβή - Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου, Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών και Διαχείρισης Περιβάλλοντος, Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Περιβάλλοντος – σελ 30

4 Ευρωπαϊκά Πρότυπα εκπομπών ρύπων

4.1 Εισαγωγή

Ενώ οι κανονισμοί για τις εκπομπές χρονολογούνται από το 1970, το πρώτο κοινό Ευρωπαϊκό πρότυπο εκπομπής ρύπων γνωστό ως Euro 1 εισήχθη το 1992. Οι μετατροπές στους καταλύτες των καινούργιων οχημάτων έγιναν υποχρεωτικοί στο Ηνωμένο Βασίλειο, καθώς η Ευρώπη εξευρίσκει την ανάγκη να μειωθούν οι εκπομπές των σωλήνων εξαγωγής. Από τότε, υπάρχει μια σειρά προτύπων για τις εκπομπές των ρύπων στην Ευρώπη οδηγώντας στο σημερινό Euro 6 το οποίο εισήχθη το Σεπτέμβριο του 2014. Οι κανονισμοί αυτοί, οι οποίοι έχουν σχεδιαστεί να γίνουν πιο αυστηροί με την πάροδο του χρόνου, καθορίζουν τα αποδεκτά όρια εκπομπών καυσαερίων νέων ελαφρών επαγγελματικών οχημάτων και πωλούνται σε κράτη μέλη της Ε.Ε και του ΕΟΧ (Ευρωπαϊκό Οικονομικό Χώρο).^{12 13}

4.2 Ανάλυση Ευρωπαϊκών προτύπων εκπομπών

Συμφωνά με την Ευρωπαϊκή Ένωση, οι εκπομπές ρύπων από τα οχήματα συνιστούν σημαντική συμβολή στη συνολική κατάσταση της ποιότητας του αέρα στην Ευρώπη. Πιο απλά είναι μια από τις μεγαλύτερες πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης στον χώρο της Ευρώπης, και όχι μόνο. Στόχος των προτύπων για τις εκπομπές σε Euro είναι η μείωση των επιπέδων επιβλαβών ρύπων που παράγονται από τα καυσαέρια, όπως αυτοί είναι :¹²

- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
- Υδρογονάνθρακες (HC)
- Οξειδία του αζώτου (NOX)
- Αιωρούμενα Σωματίδια (PM)

Την επιτυχία των προτύπων μέχρι σήμερα, μπορούμε να την δούμε από έρευνα της SMMT (Society of Motor Manufactures and Traders), όπου αναφέρει ότι χρειάζονται 50 νέα αυτοκίνητα σήμερα για να παράγουν την ίδια ποσότητα εκπομπών ρύπων με ένα όχημα που κατασκευάστηκε στη δεκαετία του 1970. Πιο αναλυτικά :¹³

- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO) : Στα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα παρουσιάστηκε πτώση 63%, ενώ στα πετρελαιοκίνητα 82% από το 1993
- Υδρογονάνθρακες (HC) : Στα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα παρουσιάστηκε πτώση 50%, από το 2001.
- Οξειδία του αζώτου (NOx) : Παρουσιάστηκε μείωση κατά 84%, από το 2001
- Αιωρούμενα Σωματίδια (PM) : Από το 1993, παρουσιάστηκε μείωση της τάξεως του 96% από το 1993 στα πετρελαιοκίνητα.

Ωστόσο, η Ευρωπαϊκή Ένωση επεσήμανε ότι οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου, από τις οδικές μεταφορές, δεν έχουν μειωθεί όσο αναμενόταν.. Δεδομένου ότι οι εκπομπές σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης είναι συχνά υψηλότερες από τις εκπομπές που μετριοούνται κατά την διάρκεια της δοκιμής έγκρισης. Όπως ανέφερε η κυβέρνηση του Ηνωμένου Βασιλείου τον Δεκέμβριο του 2016, οι οδικές μεταφορές αντιπροσώπευαν το 34% των εκπομπών οξειδίων του αζώτου στο Ηνωμένο Βασίλειο το 2015.

¹² Euro 1 to Euro 6 guide — find out your vehicle's emissions standard – 2019 - <https://www.rac.co.uk/drive/advice/emissions/euro-emissions-standards/>

¹³ Limits to improve air quality and health – 2017 - <https://www.theaa.com/driving-advice/fuels-environment/euro-emissions-standards>

Ο ρυθμός μείωσης των ατμοσφαιρικών οξειδίων του αζώτου επιβραδύνθηκε λόγω της αυξημένης συμβολής των οχημάτων DIESEL. ¹²

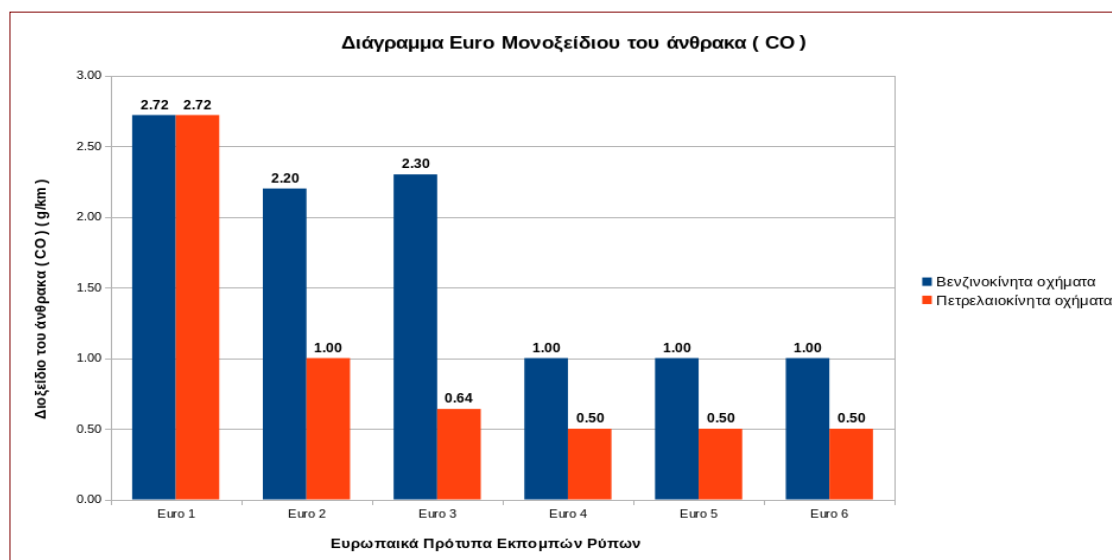
Ευρωπαϊκά Πρότυπα	Εφαρμογή σε νέα αυτοκίνητα
Ευρωπαϊκό Πρότυπο Euro 1	1 Ιουλίου 1992
Ευρωπαϊκό Πρότυπο Euro 2	1 Ιανουαρίου 1996
Ευρωπαϊκό Πρότυπο Euro 3	1 Ιανουαρίου 2000
Ευρωπαϊκό Πρότυπο Euro 4	1 Ιανουαρίου 2005
Ευρωπαϊκό Πρότυπο Euro 5	1 Σεπτεμβρίου 2009
Ευρωπαϊκό Πρότυπο Euro 6	1 Σεπτεμβρίου 2014

Πίνακας 1: Ευρωπαϊκά πρότυπα από Euro 1 (1992) μέχρι Euro 6 (2014).

Ο παραπάνω πίνακας, τον οποίο δημιούργησε η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, παρουσιάζει τις διαφορετικές κατηγορίες Euro που ισχύουν για τα νέα μοντέλα οχημάτων που εγκρίθηκαν μετά από συγκεκριμένη ημερομηνία. Κάθε αυτοκίνητο που πωλείται έως και ένα χρόνο μετά τις παρακάτω ημερομηνίες θα πρέπει να συμμορφώνεται με τα κατάλληλα πρότυπα.

4.2.1 Ευρωπαϊκό Πρότυπο Ρύπων - Euro 1

Το πρώτο Ευρωπαϊκό πρότυπο εκπομπών ρύπων, θεσπίστηκε την 1η Ιούλιο το 1992, οι κανονισμοί του δεν ήταν σχεδόν τόσο αυστηροί όσο είναι σήμερα. Η προσαρμογή των καταλυτικών μετατροπών έγινε υποχρεωτική σε όλα τα καινούργια αυτοκίνητα και το πρότυπο Euro 1 απαιτούσε τη μετάβαση στην αμόλυβδη βενζίνη. Τότε δοκιμάστηκαν μόνο οι υδρογονάνθρακες και τα οξείδια του αζώτου, μαζί με τα σωματίδια στην περίπτωση των πετρελαιοκίνητων κινητήρων. Με τα χρόνια οι κανονισμοί έχουν γίνει πιο αυστηροί και τα όρια έχουν μειωθεί.



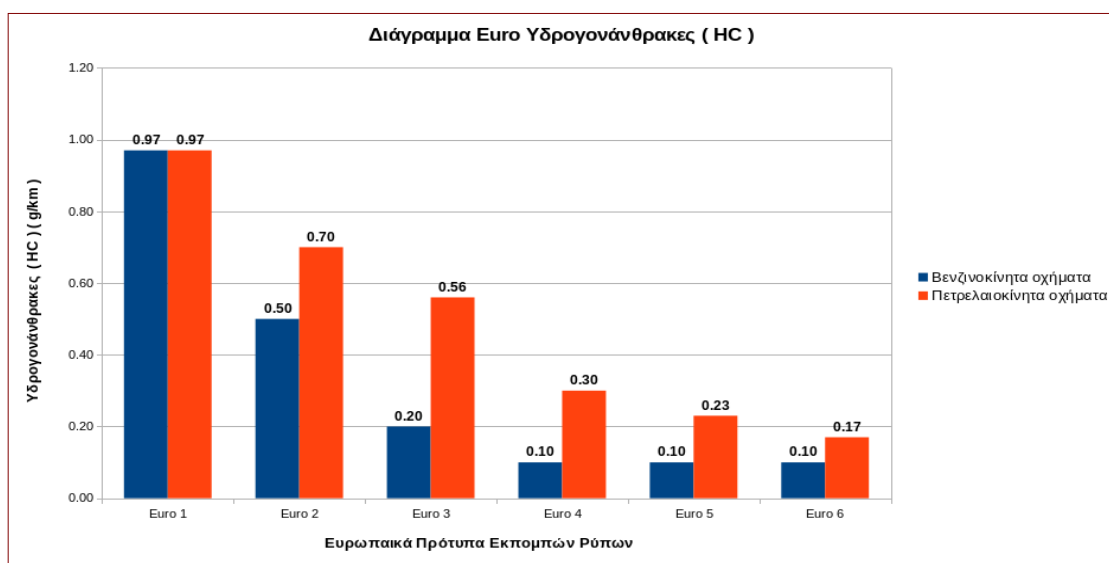
Σχήμα 2: Διάγραμμα απεικόνισης της μείωσης του διοξειδίου του άνθρακα (CO) στις αλλαγές των ευρωπαϊκών προτύπων.

Για τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα, το Ευρωπαϊκό πρότυπο Euro 1, τα όρια που έθετε όσο αφορούσε το μονοξείδιο του άνθρακα, τους υδρογονάνθρακες και τα οξείδια του αζώτου κυμαινόντουσαν στα 2.72 g/km για το CO, ενώ για HC + NOx στα 0.97 g/km. Στα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα οι τιμές αυτές δεν διαφέρουν καθώς έχουμε όρια στα 2.72 g/km για το CO, ενώ για HC + NOx στα 0.97 g/km, επίσης για τα πετρελαιοκίνητα οχήματα υπάρχει και το όριο στα αιωρούμενα σωματίδια (PM), με τιμή των PM στα 0.14 g/km.

4.2.2 Ευρωπαϊκό Πρότυπο Ρύπων - Euro 2

Το Ευρωπαϊκό πρότυπο Euro 2, θεσπίστηκε την 1η Ιανουαρίου το 1996, σε σχέση με το Euro 1 αποφασίστηκαν πιο αυστηρά όρια. Το Euro 2 μείωσε περαιτέρω το όριο εκπομπών μονοξειδίου του άνθρακα και μείωσε επίσης το συνδυασμένο όριο για τους άκαυστους υδρογονάνθρακες και τα οξείδια του αζώτου τόσο για τα βενζινοκίνητα οχήματα, όσο και για τα πετρελαιοκίνητα. Στο Ευρωπαϊκό πρότυπο εκπομπών ρύπων Euro 2. Το πρότυπο εκπομπών ρύπων Euro 2 θέσπισε για πρώτη φορά διαφορετικά όρια εκπομπών για τα βενζινοκίνητα και τα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα.

Για τα βενζινοκίνητα οχήματα, το Ευρωπαϊκό πρότυπο εκπομπών ρύπων Euro 2, εφάρμοσε όρια εκπομπών ρύπων για το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) με τιμή 2.2 g/km, για τους υδρογονάνθρακες μαζί με τα οξείδια του αζώτου (HC + NOx) με τιμή 0.5 g/km. Στα πετρελαιοκίνητα οχήματα έχουμε όρια στα 1.0 g/km για το CO, ενώ για HC + NOx στα 0.7g/km , επίσης για τα πετρελαιοκίνητα οχήματα υπάρχει και το όριο στα αιωρούμενα σωματίδια (PM), με τιμή των PM στα 0.08 g/km.



Σχήμα 3: Διάγραμμα απεικόνισης της μείωσης των υδρογονανθράκων (HC) στις αλλαγές των ευρωπαϊκών προτύπων.

4.2.3 Ευρωπαϊκό Πρότυπο Ρύπων – Euro 3

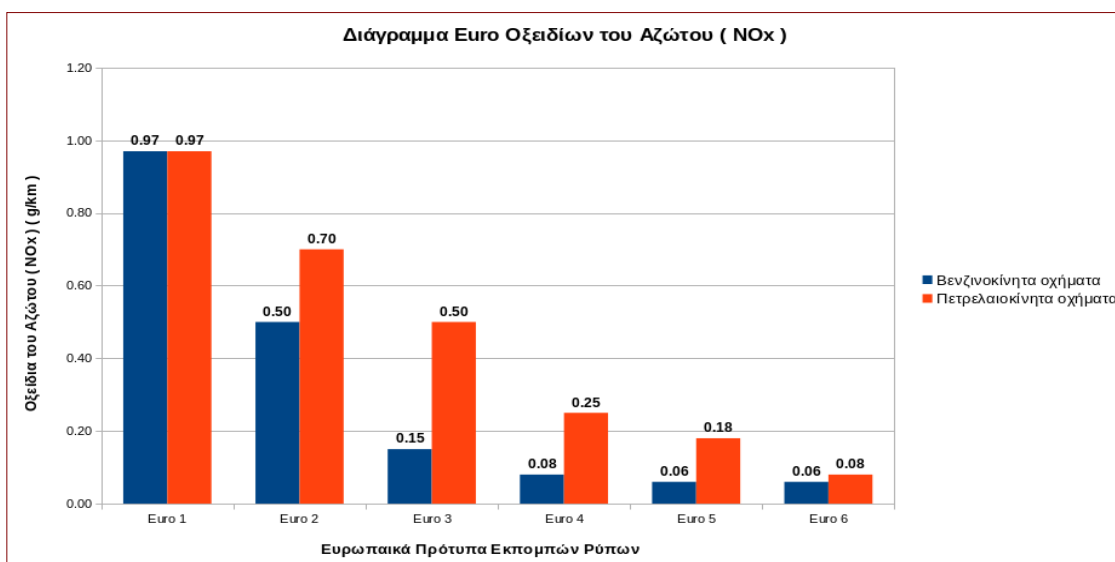
Το Ευρωπαϊκό πρότυπο με την ονομασία Euro 3, θεσπίστηκε τον Ιανουάριο του 2000. Το τρίτο πρότυπο που καταχωρεί τα όρια εκπομπών ρύπων στην Ευρώπη, τροποποίησε τη διαδικασία δοκιμής για την εξάλειψη της περιόδου προθέρμανσης του κινητήρα και περαιτέρω μείωσε τα επιτρεπόμενα όρια μονοξειδίου, καθώς και τα αιωρούμενα σωματίδια για τους πετρελαιοκίνητους κινητήρες. Το Euro 3 επίσης, διαιρεί τα όρια των υδρογονανθράκων και οξειδίων του αζώτου για τους βενζινοκίνητους και τους πετρελαιοκίνητους, καθώς και την προσθήκη ξεχωριστού ορίου οξειδίου του αζώτου για τα οχήματα DIESEL.

Για τα βενζινοκίνητα οχήματα, το Euro 3, εφαρμόζει τα παρακάτω όρια, για το μονοξείδιο του άνθρακα CO 2.3 g/km, για τους Διαχωρισμένους υδρογονάνθρακες από τα οξείδια του αζώτου HC στα 0.20 g/km, για τα οξείδια του αζώτου NOx στα 0.15 g/km. Ενώ για τα πετρελαιοκίνητα οχήματα, το μονοξείδιο του άνθρακα παίρνει την τιμή 0.64 g/km, οι υδρογονάνθρακες την τιμή 0.56 g/km, τα οξείδια του αζώτου 0.50 g/km και τέλος τα αιωρούμενα σωματίδια την τιμή 0.05 g/km.

4.2.4 Ευρωπαϊκό πρότυπο ρύπων – Euro 4

Το πρότυπο μείωσης εκπομπών ρύπων Euro 4, θεσπίστηκε τον Ιανουάριο του 2005 και επικεντρώθηκε στον καθαρισμό των εκπομπών στα πετρελαιοκίνητα οχήματα. Συγκεκριμένα υπήρξε σημαντική μείωση του ορίου των αιωρούμενων σωματιδίων (PM) καθώς και στα οξείδια του αζώτου (NOx). Ορισμένα αυτοκίνητα DIESEL, που ακολουθούν το Ευρωπαϊκό πρότυπο Euro 4, ήταν εφοδιασμένα με φίλτρα για να μειώσουν την εκπομπή αιωρούμενων σωματιδίων.

Το Euro 4, στα βενζινοκίνητα οχήματα, εφάρμοσε τα όρια για το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), με την τιμή 1.0 g/km, στους υδρογονάνθρακες (HC) την τιμή 0.10 g/km, ενώ στα οξείδια του αζώτου (NOx) την τιμή 0.08 g/km. Στα πετρελαιοκίνητα οχήματα οι μειώσεις ήταν μεγαλύτερες από τα βενζινοκίνητα, σε σύγκριση με το πρότυπο Euro 3. Για το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) το όριο είχε την τιμή 0.50 g/km, στους υδρογονάνθρακες (HC) την τιμή 0.30 g/km, στα οξείδια του αζώτου την τιμή 0.25 g/km, ενώ στα αιωρούμενα σωματίδια την τιμή 0.025 g/km.



Σχήμα 4: Διάγραμμα απεικόνισης της μείωσης των οξειδίων του αζώτου (NOx) στις αλλαγές των ευρωπαϊκών προτύπων.

4.2.5 Ευρωπαϊκό πρότυπο ρύπων – Euro 5

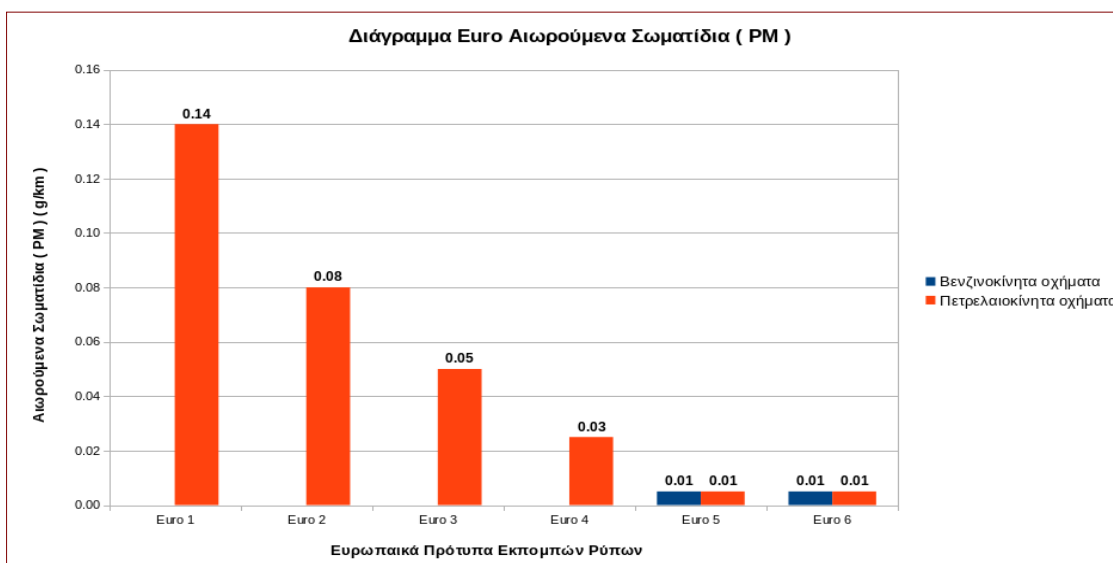
Τα μεγάλα νέα για το Ευρωπαϊκό πρότυπο Euro 5 ήταν η εισαγωγή φίλτρων σωματιδίων (DPFs) για τα πετρελαιοκίνητα οχήματα. Το πρότυπο θέσπισε την 1η Σεπτεμβρίου το 2009 χαμηλότερα όρια σε όλους τους τομείς, δημιούργησε αυστηρότερο όριο στις εκπομπές των σωματιδίων και υποχρέωσε στα οχήματα τύπου DIESEL να τοποθετούνται φίλτρα σωματιδίων τα οποία βοηθούν τα οχήματα να ανταποκρίνονται στις νέες απαιτήσεις. Υπήρξε επίσης κάποια σύσφιξη των ορίων των οξειδίων του αζώτου (NOx), πιο συγκεκριμένα υπήρξε μείωση σε αυτά της τάξεως του 28% σε σύγκριση με το Ευρωπαϊκό πρότυπο Euro 4, καθώς και για πρώτη φορά ένα όριο σωματιδίων για τους βενζινοκίνητες, το οποίο ισχύει μόνο για κινητήρες άμεσου ψεκασμού.

Προσπαθώντας να αντιμετωπίσει τις επιπτώσεις των εκπομπών πολύ λεπτών αιωρούμενων σωματιδίων, το Euro 5, εισήγαγε ένα όριο στους αριθμούς σωματιδίων για τους κινητήρες DIESEL. Το όριο αυτό για τα αυτοκίνητα που πληρούν τα πρότυπα του Euro 5 αφορά το όριο βάρους των σωματιδίων. Αυτό ισχύει για τις νέες εγκρίσεις από τον Σεπτέμβριο του 2011 και για όλα τα οχήματα τύπου DIESEL από τον Ιανουάριο του 2013.

Για τα βενζινοκίνητα οχήματα, το Euro 5, εφαρμόζει τα παρακάτω όρια, για το μονοξείδιο του άνθρακα CO 1.0 g/km, για τους διαχωρισμένους υδρογονάνθρακες από τα οξείδια του αζώτου HC στα 0.10 g/km, για τα οξείδια του αζώτου NOx στα 0.06 g/km, επίσης για κινητήρες άμεσου ψεκασμού, εφαρμόζεται το όριο για τα αιωρούμενα σωματίδια της τάξεως 0.005 g/km. Ενώ για τα πετρελαιοκίνητα οχήματα, το μονοξείδιο του άνθρακα παίρνει την τιμή 0.50 g/km, οι υδρογονάνθρακες την τιμή 0.23 g/km, τα οξείδια του αζώτου 0.18 g/km και τέλος τα αιωρούμενα σωματίδια την τιμή 0.005 g/km. ¹¹

4.2.6 Ευρωπαϊκό πρότυπο ρύπων – Euro 6

Το έκτο και τρέχων Ευρωπαϊκό πρότυπο εκπομπών Euro, εστιάζει στα οξείδια του αζώτου που φέρουν οι πετρελαιοκινητήρες, επίσης φέρουν όμοια όρια για τους βενζινοκινητήρες και τους πετρελαιοκινητήρες. Οι εκπομπές αυτές ήταν το άμεσα αποτέλεσμα των μελετών που συνδέουν αυτές τις εκπομπές με τα αναπνευστικά προβλήματα. Για να επιτευχθούν οι νέοι στόχοι, ορισμένοι κατασκευαστές αυτοκινήτων εισήγαγαν την εκλεκτική καταλυτική αναγωγή (SCR), στην οποία εγχύεται ένας παράγοντας αναγωγής υγρών μέσω καταλύτη στην εξαγωγή ενός πετρελαιοφόρου οχήματος. Μια χημική αντίδραση, μετατρέπει τα οξείδια του αζώτου σε αβλαβές νερό και άζωτο, τα οποία εκδιώκονται μέσω του σωλήνα εξάτμισης.



Σχήμα 5: Διάγραμμα απεικόνισης της μείωσης των αιωρούμενων σωματιδίων (PM) στις αλλαγές των ευρωπαϊκών προτύπων.

Η εναλλακτική μέθοδος για την εκπλήρωση των προτύπων Euro 6, είναι η επανακυκλοφορία καυσαερίων (EGR). Ένα μέρος του καυσαερίου αναμειγνύεται με τον αέρα εισαγωγής, που περιέχει άζωτο 80% με ανακυκλωμένα καυσαέρια, μειώνει την ποσότητα του διαθέσιμου αζώτου προς οξειδωση σε οξείδια του αζώτου κατά τη διάρκεια της καύσης.

Για τα βενζινοκίνητα οχήματα, το Euro 6, εφαρμόζει τα παρακάτω όρια, για το μονοξείδιο του άνθρακα CO 1.0 g/km, για τους διαχωρισμένους υδρογονάνθρακες από τα οξείδια του αζώτου HC στα 0.10 g/km, για τα οξείδια του αζώτου NOx στα 0.06 g/km, επίσης για κινητήρες άμεσου ψεκασμού, εφαρμόζεται το όριο για τα αιωρούμενα σωματίδια της τάξεως 0.005 g/km. Ενώ για τα πετρελαιοκίνητα οχήματα, το

μονοξειδίου του άνθρακα πέρνει την τιμή 0.50 g/km, οι υδρογονάνθρακες την τιμή 0.17 g/km, τα οξειδία του αζώτου 0.08 g/km και τέλος τα αιωρούμενα σωματίδια την τιμή 0.005 g/km.

4.2.7 Ευρωπαϊκό πρότυπο ρύπων – Euro 6d Temp, Euro 6d and RDE

Από την 1η Σεπτεμβρίου του 2017 πιο αυστηρές και ρεαλιστικές δοκιμές θα χρησιμοποιηθούν για την πιστοποίηση νέων μοντέλων αυτοκινήτων σε σχέση με τα όρια των εκπομπών Euro 6. Ένας νέος κύκλος εργαστηριακών δοκιμών γνωστός ως WLTP (Worldwide Harmonised Light Vehicle Test Procedure) θα ισχύει για όλες τις νέες εγκρίσεις τύπου και ένα έτος αργότερα από την 1η Σεπτεμβρίου 2018 θα ισχύει για όλες τις νέες καταχωρίσεις αυτοκινήτων. Μια πρόσθετη δοκιμή οδικών εκπομπών, γνωστή ως Real Driving Emissions (RDE , έχει εισαχθεί παράλληλα με το εργαστηριακό τεστ WLTP ώστε να διασφαλιστεί ότι τα αυτοκίνητα πληρούν τα όρια εκπομπών σε πολύ ευρύτερο φάσμα οδηγητικών συνθηκών.

Μια δοκιμή RDE θα διαρκέσει μεταξύ 90 και 120 λεπτών της ώρας και θα πάρει ένα μίγμα αστικής αγροτικής και αυτοκινητοδρόμου. Το RDE εισάγεται σε δύο στάδια :

- RDE Στάδιο 1ο : Ισχύει για νέες εγκρίσεις τύπου από την 1η Σεπτεμβρίου 2017 και για όλες τις νέες καταχωρίσεις από την 1η Σεπτεμβρίου 2019. Για το RDE1 ισχύει συντελεστής συμμόρφωσης των οξειδίων του αζώτου της τάξεως του 2.1, που σημαίνει ότι οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου στη δοκιμή αυτή μπορούν να φθάσουν έως και 2.1 φορές το εργαστηριακό όριο του Euro 6, δηλαδή των 80 mg / km. Τα αυτοκίνητα που εγκρίθηκαν κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου θα περιγραφούν ως Euro 6d-Temp.
- RDE Στάδιο 2 : Ισχύει για νέες εγκρίσεις τύπου από την 1η Ιανουαρίου 2020 και για όλες τις νέες καταχωρίσεις από την 1η Ιανουαρίου 2021. Για το RDE2, ο συντελεστής συμμόρφωσης των οξειδίων του αζώτου είναι 1.0, με περιθώριο σφάλματος της τάξεως του 0.5, που σημαίνει ότι οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου στην δοκιμή αυτή μπορούν να φθάσουν 1.5 φορές το εργαστηριακό όριο του Euro 6, δηλαδή των 80 mg / km. Τα αυτοκίνητα που εγκρίθηκαν κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου θα περιγραφούν ως Euro 6d.

4.3 Ευρωπαϊκός Κανονισμός για τα όρια του CO₂

4.3.1 Όρια CO₂ για τα καινούργια ελαφρά επαγγελματικά οχήματα.

Σύμφωνα με τον κανονισμό της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ο στόχος αφορά τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα από τα καινούργια ελαφρά επαγγελματικά οχήματα, και θέτει απαιτήσεις για την μείωση των εκπομπών CO₂ από τα ελαφρά οχήματα. Ο κανονισμός αφορά οχήματα κατηγορίας N1, δηλαδή ελαφρά επαγγελματικά οχήματα που έχουν σχεδιαστεί και κατασκευαστεί για τη μεταφορά εμπορευμάτων, μεγίστου βάρους 3.5 τόνων, που δεν υπερβαίνουν τα 2.610 χιλιόγραμμα όταν είναι άφορτα, οχήματα τα οποία ταξινομούνται στην Ε.Ε για πρώτη φορά.²⁸

Πιο αναλυτικά οι στόχοι των εκπομπών για τον στόλο οχημάτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι το μέσο επίπεδο εκπομπών CO₂ από καινούργια ελαφρά επαγγελματικά οχήματα δεν δύναται να υπερβαίνει τα 175 γραμμάρια CO₂ ανά χιλιόμετρο. Η απαίτηση αυτή καθορίστηκε σταδιακά από το 2014 και μετά όπως επεξηγείται παρακάτω. Επίσης, στόχος είναι από το 2020 οι μέσες εκπομπές δεν επιτρέπεται να υπερβαίνουν τα 147 γραμμάρια CO₂ ανά χιλιόμετρο.

Οι κατασκευαστές ελαφρών επαγγελματικών οχημάτων πρέπει να διασφαλίζουν ότι οι μέσες ειδικές εκπομπές CO₂ από τα καινούργια οχήματά τους που ταξινομούνται στην Ε.Ε δεν υπερβαίνουν τους στόχους ειδικών εκπομπών που καθορίζονται στο παράρτημα Ι του κανονισμού. Αυτοί οι στόχοι ειδικών εκπομπών βρίσκονται σε αντιστοιχία με τους στόχους για τις εκπομπές από το σύνολο του στόλου οχημάτων της Ε.Ε, λαμβάνοντας υπόψη το μέσο βάρος των οχημάτων του στόλου ενός κατασκευαστή.²⁸

Οι στόχοι έχουν τεθεί σταδιακά από την 1η Ιανουαρίου 2014 και μετά ως εξής:

- για το 70 % των οχημάτων το 2014·
- για το 75 % των οχημάτων το 2015·
- για το 80 % των οχημάτων το 2016·
- για το 100 % των οχημάτων από το 2017.

Κάθε χρόνο οι χώρες της Ε.Ε πρέπει να συλλέγουν δεδομένα για κάθε καινούργιο ελαφρύ επαγγελματικό όχημα που ταξινομείται στο έδαφός τους (πχ., κατασκευαστής, τύπος, ειδικές εκπομπές CO₂ και μάζα).

Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος συλλέγει αυτά τα δεδομένα σε ένα κεντρικό μητρώο το οποίο είναι προσβάσιμο στο κοινό. Με βάση αυτά τα δεδομένα, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υπολογίζει προσωρινά για κάθε κατασκευαστή και για κάθε ημερολογιακό έτος:

- τις μέσες ειδικές εκπομπές CO₂·
- τον στόχο ειδικών εκπομπών·
- τη διαφορά μεταξύ των μέσων ειδικών εκπομπών CO₂ και του στόχου ειδικών εκπομπών.

Μόλις ελεγχθούν από τους κατασκευαστές, η Επιτροπή επιβεβαιώνει την εγκυρότητα αυτών των υπολογισμών έως τις 31 Οκτωβρίου κάθε έτους.

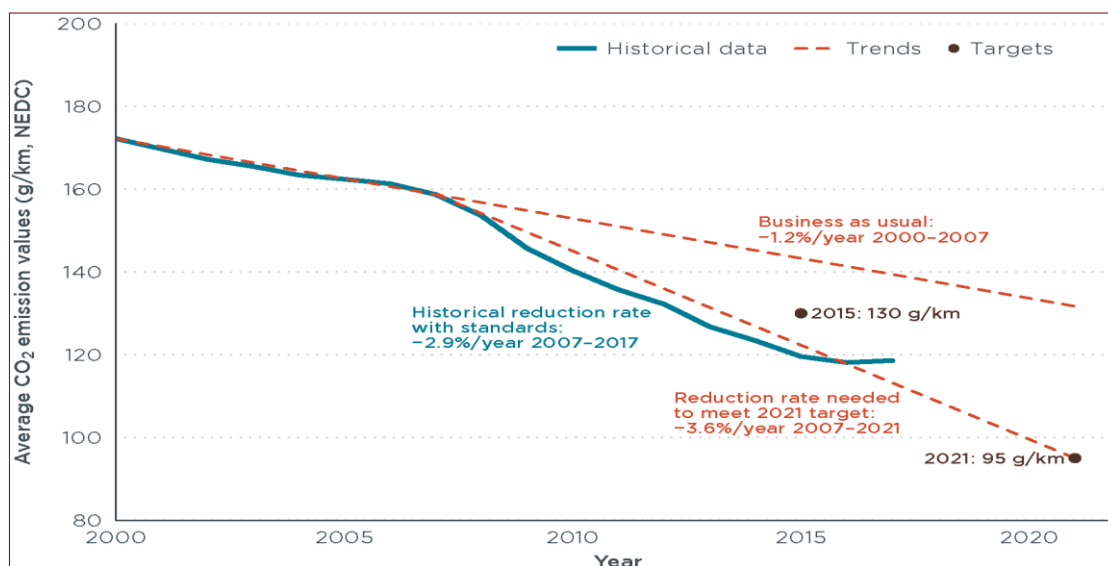
Από το 2014 έως το 2017 παρέχονταν κίνητρα στους κατασκευαστές για την παραγωγή οχημάτων με χαμηλά ποσοστά εκπομπών (λιγότερο από 50 γραμμάρια ανά χιλιόμετρο). Κατά τον υπολογισμό των μέσων ειδικών εκπομπών ενός κατασκευαστή, καθένα από τα οχήματα αυτά λογιζόταν ως 3,5 οχήματα το 2014 και το 2015, ως 2,5 οχήματα το 2016 και ως 1,5 όχημα το 2017. Κάθε κατασκευαστής θα μπορούσε να αξιώσει αυτό το «πιστωτικό υπερμόριο» για 25 000 ελαφρά επαγγελματικά οχήματα κατ' ανώτατο όριο από το 2014 έως το 2017.²⁸

Το τμήμα της υπέρβασης των εκπομπών για τους κατασκευαστές είναι, ότι από το 2014, εάν οι μέσες ειδικές εκπομπές ενός κατασκευαστή υπερβαίνουν τους στόχους ειδικών εκπομπών, ο εν λόγω κατασκευαστής οφείλει να πληρώσει τμήμα υπολογιζόμενο με βάση την υπέρβαση των εκπομπών. Έως το 2018 το ύψος του τιμήματος ανά ταξινομημένο όχημα ήταν 5 ευρώ για το πρώτο γραμμάριο ανά χιλιόμετρο που υπερβαίνει τους στόχους, 15 ευρώ για το δεύτερο, 25 ευρώ για το τρίτο και 95 ευρώ για κάθε επιπλέον γραμμάριο ανά χιλιόμετρο. Από το 2019 η ποινή ανά ταξινομημένο όχημα είναι 95 ευρώ για κάθε γραμμάριο ανά χιλιόμετρο που υπερβαίνει τους στόχους.

4.3.2 Όρια CO₂ για τα καινούργια επιβατικά οχήματα.

Δεδομένου ότι οι οδικές μεταφορές είναι ένας από τους σημαντικότερους τομείς που συμβάλλουν στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (ΑΘ) στην Ε.Ε, ο παρών κανονισμός έχει ως στόχο να μειώσει τις εκπομπές αυτές, θέτοντας όρια για τα καινούργια επιβατικά αυτοκίνητα. Ο κανονισμός ορίζει πρότυπα για τα καινούργια επιβατικά αυτοκίνητα όσον αφορά τις εκπομπές τους διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Το τρέχον όριο έχει τεθεί στα 130 γραμμάρια CO₂ που εκπέμπονται ανά χιλιόμετρο. Το όριο θα μειωθεί σε 95 γραμμάρια CO₂ /km έως το έτος 2021. ²⁸

Τα βασικά σημεία για την εφαρμογή του κανονισμού είναι η σταδιακή εφαρμογή του ορίου 130g/km από το 2012 έως το 2015. Για κάθε έτος κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, αυξάνεται το ποσοστό των αυτοκινήτων ενός κατασκευαστή που πρέπει να συμμορφώνεται με το όριο. Από το 2015, το 100 % των αυτοκινήτων οφείλουν να συμμορφώνονται (σε σύγκριση με το 75 % το 2013 και το 80 % το 2014)..



Σχήμα 6: Διαγράμμα Ιστορικών δεδομένων και στόχων σύμφωνα με τα όρια της ΕΕ για τις εκπομπών του CO₂.

Εάν ο μέσος όρος των εκπομπών CO₂ από έναν αριθμό αυτοκινήτων ενός κατασκευαστή υπερβαίνει το όριο εκπομπών, τότε θα επιβάλλεται μεγάλο πρόστιμο. Για κάθε αυτοκίνητο, ο κατασκευαστής πρέπει να καταβάλλει 5 ευρώ για το πρώτο g/km που υπερβαίνει το όριο, 15 ευρώ για το δεύτερο, 25 ευρώ για το τρίτο και 95 ευρώ για κάθε g/km μετά από αυτό. Από το 2019, κάθε g/km που υπερβαίνει το όριο θα χρεώνεται με 95 ευρώ.

Οι μικροί κατασκευαστές που ταξινομούν λιγότερα από 1 000 αυτοκίνητα στην Ε.Ε ετησίως εξαιρούνται από την παρούσα νομοθετική πράξη, ενώ οι κατασκευαστές που ταξινομούν από 1 000 έως 10 000 αυτοκίνητα ετησίως μπορούν να προτείνουν τους δικούς τους στόχους μείωσης των εκπομπών. Στο μεταξύ, οι κατασκευαστές στην κλίμακα από 10 000 έως 300 000 αυτοκίνητα ετησίως μπορούν να αιτηθούν

καθορισμένο στόχο μείωσης, επίσης ένα σύστημα μορίων και υπερμορίων εκπομπών επιβραβεύει τη φιλική προς το περιβάλλον καινοτομία που εφαρμόζεται από κατασκευαστές αυτοκινήτων.

Τα αυτοκίνητα είναι επί του παρόντος υπεύθυνα για περίπου το 12 % όλων των εκπομπών CO₂ στην ΕΕ. Ο παρών κανονισμός βασίζεται σε στρατηγική που εγκρίθηκε το 1995 από την ΕΕ με στόχο τη μείωση των εκπομπών CO₂ μέσα από τρεις πυλώνες: μια εκούσια δέσμευση από την αυτοκινητοβιομηχανία για την περιστολή των εκπομπών, προώθηση αυτοκινήτων με υψηλή απόδοση καυσίμου μέσω φορολογικών μέτρων και βελτιώσεις στην ενημέρωση των καταναλωτών που επιτυγχάνεται μέσα από επισημάνσεις που υποδεικνύουν τις εκπομπές CO₂, όπως αναφέρεται λεπτομερώς στην οδηγία 1999/94/ΕΚ.²⁸

5 Κύκλοι Οδήγησης

5.1 Εισαγωγή

Για την αξιολόγηση της απόδοσης των οχημάτων διαφορετικές χώρες και οργανισμοί δημιουργούν τους κύκλους οδήγησης, ο κύκλος οδήγησης είναι μια σειρά δεδομένων που αντιπροσωπεύουν την ταχύτητα ενός οχήματος σε σχέση με τον χρόνο. Ένας κύκλος οδήγησης αξιολογεί με διάφορους τρόπους την απόδοση κάποιου οχήματος, όπως είναι η κατανάλωση του καυσίμου που αυτό χρησιμοποιεί καθώς και τις εκπομπές ρυπογόνων ουσιών στην ατμόσφαιρα.

5.1.1 Ορισμός

Ειδικότερα, “Κύκλος οδήγησης” είναι μια τυποποιημένη συνάρτηση της ταχύτητας ενός οχήματος με το χρόνο, σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα. Οι κύκλοι οδήγησης χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό της λειτουργίας του αυτοκινήτου πάνω στην κυλινδροφόρο δυναμομετρική εξέδρα, κατά τη διάρκεια των δοκιμών που διενεργούνται για τον προσδιορισμό των εκπεμπόμενων ρύπων από αυτό. Αντίστοιχα, στον έλεγχο των κινητήρων, στην δυναμομετρική εξέδρα κινητήρων, κατά την διάρκεια των δοκιμών που διενεργούνται για τον προσδιορισμό των εκπεμπόμενων ρύπων, ο τρόπος λειτουργίας του κινητήρα. “Κύκλος δοκιμής” του κινητήρα είναι ή τυποποιημένη συνάρτηση της ταχύτητας του κινητήρα (rpm) και της αποδιδόμενης ροπής (load) με το χρόνο, σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα.¹⁴

Εκτός των πειραματικών μετρήσεων των εκπεμπόμενων ρύπων και της κατανάλωσης καυσίμου ενός οχήματος. Για τον υπολογισμό τέτοιων μεγεθών υπάρχουν εξειδικευμένα προγράμματα στα οποία εισάγονται τα κατάλληλα δεδομένα όπως είναι η ταχύτητα του οχήματος αλλά και ο χρόνος μιας διαδρομής, η μάζα του οχήματος, οι σχέσεις στο κιβώτιο ταχυτήτων κτλ. Με αποτέλεσμα να πραγματοποιείται ένα μοντέλο κύκλου οδήγησης από τον οποίο μπορούν να παρουσιαστούν οι εκπεμπόμενοι ρύποι και η κατανάλωση καυσίμου του οχήματος.

Οι χρήσεις των κύκλων οδήγησης ποικίλουν, πολλές φορές χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της κυκλοφορίας μιας περιοχής, σε κάποιο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Επίσης, πολλοί κατασκευαστές οχημάτων τους χρησιμοποιούν για τον υπολογισμό του χρόνου στον οποίο θα τοποθετείται ο σχεδιασμός ενός οχήματος. Μια από τις πιο σημαντικές χρήσεις τους είναι ο υπολογισμός των εκπεμπόμενων ρύπων των οχημάτων και της κατανάλωσης καυσίμου. Πολλοί κύκλοι οδήγησης είναι θεωρητικοί ενώ υπάρχουν και άμεσες μετρήσεις πραγματικών διαδρομών οι οποίες μετρήσεις θεωρούνται αντιπροσωπευτικές.

¹⁴Κ.Α Πισα – Τεχνικός Έλεγχος Οχημάτων Κύκλοι Οδήγησης και Ατμοσφαιρική Ρύπανση – 2003 – Διδακτορική Διατριβή - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών – σελ 217 - 222

5.1.2 Κατηγορίες κύκλων οδήγησης

Οι κύκλοι οδήγησης, ανάλογα με την χρήση τους διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες : ¹⁴

- Κύκλοι οδήγησης, οι οποίοι χρησιμοποιούνται στους προβλεπόμενους ελέγχους που διενεργούνται κατά τη διαδικασία της χορήγησης έγκρισης κυκλοφορίας και στους ελέγχους επιθεώρησης και συντήρησης αυτοκινήτων. Τέτοιοι κύκλοι, όπως θα δούμε παρακάτω είναι ο Ευρωπαϊκός κύκλος οδήγησης, ο Αμερικάνικος FTP-75 και ο Ιαπωνικός 10-15.
- Ειδικοί κύκλοι, (Real World κύκλοι), που δημιουργούνται για τον υπολογισμό των εκπεμπόμενων ρύπων και της κατανάλωσης καυσίμου, που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες συνθήκες κυκλοφορίας (περιοχή, οδός, πόλη, όχημα κλπ). Οι κύκλοι οδήγησης αυτού του είδους αναπτύσσονται από ιδρύματα όπως είναι το ινστιτούτο μεταφορών INRETS της Γαλλίας, ή πανεπιστημιακά ιδρύματα.

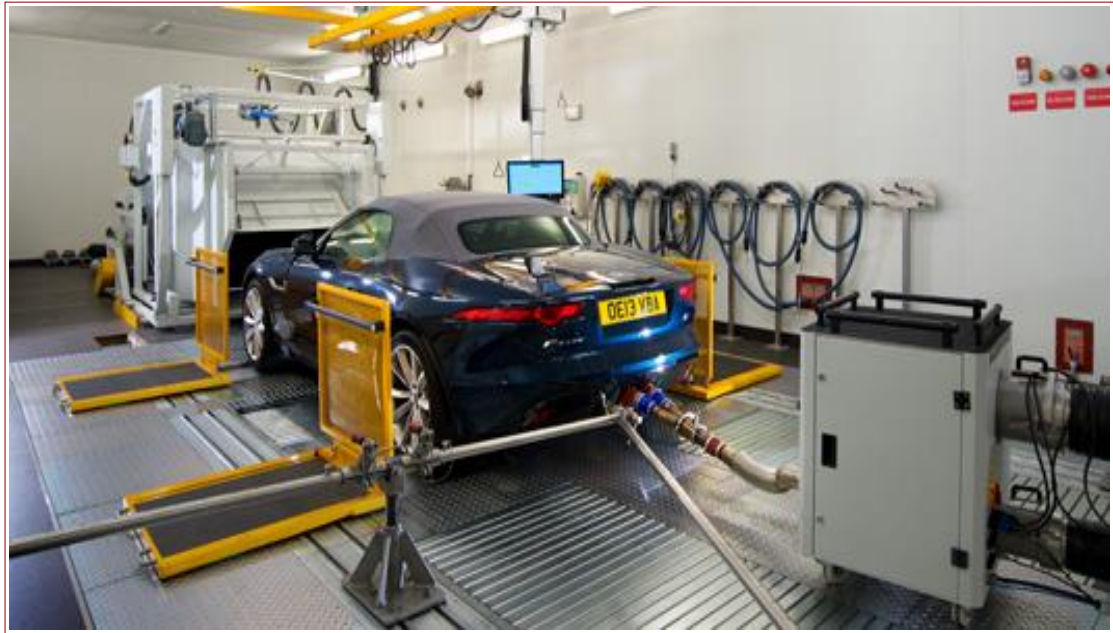


Εικόνα 8: Όχημα κατά την διάρκεια μετρήσεων σε οδόστρωμα.

Οι κύκλοι οδήγησης, ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους, διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες : ¹⁴

- Οι παροδικοί κύκλοι οδήγησης που περιλαμβάνουν πολλές αλλαγές και αντιπροσωπεύουν τις αλλαγές σταθερής ταχύτητας που είναι χαρακτηριστικές της οδικής οδήγησης. Οι κύκλοι αυτοί αποτελούνται από καμπύλες, αφού συντίθενται από πραγματικά στοιχεία δοκιμών . Τέτοιος κύκλος είναι ο Αμερικάνικος κύκλος FTP-75.
- Οι κύκλοι οδήγησης του τρόπου λειτουργίας περιλαμβάνουν παρατεταμένες περιόδους με σταθερές ταχύτητες. Οι κύκλοι αυτοί αποτελούνται από “ευθείες” γραμμές (Modal Cycles) σταθερής επιτάχυνσης, σταθερής ταχύτητας και σταθερής επιβράδυνσης. Τέτοιοι κύκλοι είναι ο Ευρωπαϊκός κύκλος οδήγησης και ο Ιαπωνικός κύκλος οδήγησης 10-15 mode.

Οι κύκλοι που χρησιμοποιούν σταθερούς ρυθμούς επιτάχυνσης, σταθερές ταχύτητες και σταθερές επιβραδύνσεις δεν είναι αντιπροσωπευτικοί των πραγματικών συνθηκών οδήγησης. Αναλύσεις, που έχουν γίνει με τη μέθοδο Chase Car και με εξοπλισμένα οχήματα, έχουν δείξει ότι υπάρχει συσχέτιση της μεταβολής της ταχύτητας από στιγμή σε στιγμή και της αντίστοιχης στιγμιαίας ταχύτητας του οχήματος. Αυτή η σχέση είναι αναμενόμενη διότι η επιτάχυνση, που δημιουργείται από τη σταθερού μεγέθους αλλαγή στη θέση της βαλβίδας αέρα, μειώνεται καθώς η ταχύτητα αυξάνεται, λόγω των οδόστρωματων και μεγαλύτερων αεροδυναμικών αντιστάσεων που εμφανίζονται στις υψηλές ταχύτητες.^{15 14}



Εικόνα 9: Όχημα κατά την διάρκεια μετρήσεων σε δυναμομετρική εξέδρα.

5.1.3 Τεχνικές μέτρησης των χαρακτηριστικών κίνησης αυτοκινήτων

Γενικά, για την δημιουργία ενός σωστού κύκλου οδήγησης, είναι αναγκαία τα δεδομένα κίνησης από οχήματα κατάλληλα για τον σκοπό αυτό. Το όχημα εξοπλίζεται με την ειδική συσκευή καταγραφής. Στην συνέχεια, επιλέγεται ο κατάλληλος τρόπος κίνησης του οχήματος προκειμένου οι καταγραφές να είναι αντικειμενικές και αντιπροσωπευτικές του τρόπου κίνησης της πλειοψηφίας των κινούμενων οχημάτων στο πεδίο της δειγματοληψίας. Υπάρχουν τρεις βασικές κατηγορίες τεχνικών για τη μέτρηση των χαρακτηριστικών της κίνησης(προφίλ ταχυτήτων, επιταχύνσεων κλπ) των οχημάτων.

- Μετρήσεις με εξοπλισμένο, με τα κατάλληλα όργανα μέτρησης, όχημα.
- Μετρήσεις με σύστημα σταθερής εγκατάστασης στο δρόμο (π.χ synchronised road tubes)
- Μετρήσεις με σύστημα για την εξ αποστάσεως μέτρηση (π.χ radar, video)

Στην κατηγορία μέτρησης με εξοπλισμένο αυτοκίνητο υπάρχουν τέσσερις διακριτοί τρόποι μέτρησης στοιχείων των χαρακτηριστικών κίνησης των κινούμενων αυτοκινήτων :¹⁶

- Όχημα εξοπλισμένο με όργανα οδηγούμενο από επαγγελματίες οδηγούς, οι οποίοι όμως γνωρίζουν τους σκοπούς των μετρήσεων και συνεπώς επηρεάζονται στον τρόπο οδήγησης.

¹⁵v.Bulach -Prediction of line source of emissions along urban roads – 1977 – University of Melbourne, Dept. of Mechanical Engineering Report T26

- Μετρήσεις με εξοπλισμένο αυτοκίνητο, το οποίο οδηγούν, μια σειρά, κοινοί οδηγοί. Η μέθοδος αυτή αποσκοπεί, βασικά στο να λαμβάνεται υπόψη η συμπεριφορά των οδηγών συνολικά
- Μετρήσεις με τη μέθοδο Chase Car, με εξοπλισμένο αυτοκίνητο, του προφίλ ταχύτητας και επιτάχυνσης-επιβράδυνσης μεγάλου αριθμού αυτοκινήτων-στόχων, με την τεχνική της αντιγραφής της κίνησης του προπορευόμενου αυτοκινήτου. Με τον τρόπο αυτό, η μέθοδος αυτή προσπαθεί να ενσωματώσει τις συμπεριφορές μεγάλου αριθμού οδηγών, ώστε να είναι ανεξάρτητη γενικά από τη συμπεριφορά του οδηγού που οδηγεί το πειραματικό αυτοκίνητο. Η συγκεκριμένη τεχνική χαρακτηρίζεται από δύο αρχές.
 1. Σύμφωνα με την πρώτη αρχή το όχημα δοκιμών ακολουθεί κάποιο όχημα παρόμοιων χαρακτηριστικών προσπαθώντας να αντιγράψει την κίνηση του, όπως εναλλαγές ταχύτητας, επιταχύνσεις, επιβραδύνσεις, από το ξεκίνημα αυτής μέχρι το τέλος.
 2. Η δεύτερη αρχή, έρχεται να συμπληρώσει την πρώτη όπου στην περίπτωση που δεν υπάρχει συγκεκριμένο όχημα που να αποτελεί τον στόχο για την αντιγραφή της κίνησης η τακτική που ακολουθείτε είναι, οδήγηση ακολουθώντας τη γενική ροή των οχημάτων αποφεύγοντας τα πολύ αργά και τα πολύ γρήγορα κινούμενα οχήματα.
- Μετρήσεις με εξοπλισμένα ιδιωτικά αυτοκίνητα, τα οποία οδηγούνται από τους κατόχους τους.

Οι δυο πρώτοι μέθοδοι, που παρουσιάστηκαν παραπάνω επηρεάζονται από τη συμπεριφορά του οδηγού που οδηγεί το πειραματικό αυτοκίνητο. Ο τρίτος τρόπος είναι περισσότερο αντιπροσωπευτικός των χαρακτηριστικών κίνησης το συνόλου των κινούμενων αυτοκινήτων. Ο τέταρτος τρόπος όταν εφαρμόζεται σε ευρεία κλίμακα, είναι πραγματικά αντιπροσωπευτικός. Όμως, η εφαρμογή του προσκρούει σε πρακτικά και άλλα οικονομικά προβλήματα.¹⁴

Συνεπώς, η μέθοδος Chase Car", η οποία είναι εκείνη που θα εφαρμοστεί στο πειραματικό μέρος της εργασίας, τείνει να αποδειχθεί ότι είναι η μοναδική τεχνική στην τυχαία επιλογή διαδρομών μέσα στην κυκλοφορία, που αντιπροσωπεύουν όμως την ιδιαίτερη περιοχή στην οποία πραγματοποιούνται. Έτσι, στη σύνθεση των κύκλων οδήγησης, από αυτά τα δεδομένα είναι απαραίτητο να ενσωματώνονται και στατιστικά που διέπουν την κυκλοφορία από την άποψη της χρονικής και χωρικής κατανομής του κυκλοφοριακού φόρτου.¹⁶

¹⁶P.G Boulter, U.S Latham, M. Ainge – 1999 - Driving cycles for measuring passenger car emissions on roads with traffic calming measures – The Science of the Total Environment 235, σελ 77-89

5.1.4 Χαρακτηριστικά μεγέθη για την επεξεργασία

Και σε αυτόν τον τομέα οι ερευνητές θεωρούν σημαντικές κάποιες παραμέτρους που πρέπει να υπολογιστούν και να υποστούν στατιστική επεξεργασία για το καλύτερο επιθυμητό αποτέλεσμα όσον αφορά στον βαθμό που ο τελικός κύκλος οδήγησης θα είναι αντιπροσωπευτικός.

Από τους Kruse και Hulls το 1973, που επέλεξαν μέσα από 6 διαδρομές την αντιπροσωπευτικότερη με βάση το χρόνο σε στάση, τη μέση ταχύτητα και τον μέσο αριθμό στάσεων, μέχρι τον Πίτσα το 2003 προστέθηκαν ή αφαιρέθηκαν διάφορες σημαντικές παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν από τους ερευνητές. Οι βασικότεροι παράμετροι από τους Kuhler και Karstens ήταν: ^{17 18}

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

Αρκετά αργότερα από το 1996, υπήρξαν αρκετοί που αναθεώρησαν, επανεξέτασαν και εισήγαγαν νέες παραμέτρους. Σύμφωνα με τον Andre οι πιο σημαντικές παράμετροι είναι :^{20 19}

- η διάρκεια του κύκλου
- η μέση ταχύτητα
- η τυπική απόκλιση της επιτάχυνσης
- η θετική κινητική ενέργεια
- το ποσοστό του χρόνου σε στάση
- ο αριθμός των στάσεων ανά χιλιόμετρο
- η μέση ταχύτητα χωρίς στάσεις
- η μέση επιτάχυνση
- η μέση επιβράδυνση
- η μέση διάρκεια των περιόδων κίνησης

¹⁷ Ευάγγελος Γ. Τζιράκης – Συσχετισμός Εκπομπών Οχημάτων με Φυσικοχημικές Ιδιότητες των Καυσίμων και με Δεδομένα από την Κίνηση των Οχημάτων στο Λεκανοπέδιο – 2007 – Διδακτορική Διατριβή - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών – σελ 93-95

¹⁸ Kuhler M., Karstens D – 1978 – Improved driving cycle for testing automotive exhaust emissions – SAE Technical Paper, Series 780650

¹⁹ M. Andre – 1996 – Driving cycles development : characterization of methods – SAE paper 961112

- ο μέσος όρος των εναλλαγών επιτάχυνσης και επιβράδυνσης
- η κατανομή της ταχύτητας
- η κατανομή της επιτάχυνσης
- η κατανομή της επιβράδυνσης

Αργότερα χρησιμοποιήθηκαν κι άλλες παράμετροι όπως η ισχύς και παράμετροι όπως είναι οι διακυμάνσεις της ταχύτητας, η σχετική θετική επιτάχυνση (RPA) το ολοκλήρωμα του τετραγώνου της επιτάχυνσης (IS: Internal Square), και το άθροισμα των τετραγώνων της επιτάχυνσης που σύμφωνα με την E. Ericsson, στις οποίες κατέληξε μεταξύ άλλων χρησιμοποιώντας πρόγραμμα παραγοντικής ανάλυσης SPSS.¹⁷

5.1.5 Τεχνικές δημιουργίας κύκλων οδήγησης

Γενικά για την δημιουργία ενός κύκλου οδήγησης από το σύνολο των δεδομένων που προέκυψαν από μια σειρά πραγματικών οδηγήσεων, δημιουργείται μια αλληλουχία ταχυτήτων χρόνου, ορισμένης χρονικής διάρκειας, για την οποία τα στατιστικά στοιχεία πρέπει να προσεγγίζουν τα στατιστικά στοιχεία του συνόλου δεδομένων. Έτσι, ο δημιουργούμενος κύκλος οδήγησης μπορεί να αποτελείται: ^{14 20}

- Από μια πραγματική διαδρομή
- Από μια διαδρομή μετά την αφαίρεση επιλεγμένων τμημάτων
- Από την σύνθεση μιας διαδρομής από διάφορες φάσεις οδήγησης, μετά από μια διαδικασία “trial and error” για την επιτυχία των σωστών στατιστικών χαρακτηριστικών της. Οι κύκλοι που δημιουργούνται με αυτόν τον τρόπο ενσωματώνουν τα περισσότερα μεταβατικά χαρακτηριστικά της πραγματικής οδήγησης.
- Από ευθύγραμμα τμήματα που αντιπροσωπεύουν φάσεις σταθερής επιτάχυνσης, σταθερής ταχύτητας ή σταθεράς επιβράδυνσης των οποίων τιμές προσεγγίζουν τις μέσες τιμές που προκύπτουν από τα στατιστικά στοιχεία του συνόλου των δεδομένων.

Οι κύκλοι που δημιουργούνται για να περιγράψουν μια ορισμένη, χωρικά ή χρονικά δραστηριότητα αυτοκινήτων, με σκοπό τον προσδιορισμό της κατανάλωσης καυσίμου και των εκπεμπόμενων ρύπων, πρέπει να προσαρμόζονται συνεχώς στα νέα δεδομένα της κυκλοφορίας. Ο χαρακτηριστικός μιας πόλης κύκλος οδήγησης πρέπει συνεχώς να αναμορφώνεται, καθώς οι συνθήκες κυκλοφορίας στην πόλη μεταβάλλονται (πχ νέοι δρόμοι κατασκευάζονται, ο αριθμός των κυκλοφορούντων αυτοκινήτων αυξάνεται, η τεχνολογία των κυκλοφορούντων αυτοκινήτων αλλάζει κλπ). Αντίθετα, για τους νομοθετημένους για την έγκριση κυκλοφορίας, κύκλους οδήγησης δεν είναι απαραίτητο να γίνεται συχνή αναθεώρηση. Και αυτό διότι οι κύκλοι αυτοί δεν χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των εκπεμπόμενων ρύπων ή της κατανάλωσης καυσίμου, που αφορούν μια περιοχή αλλά χρησιμοποιούνται ως βάση για το χαρακτηρισμό ενός αυτοκινήτου ως κατάλληλου ή μη για την κυκλοφορία. ^{23 14}

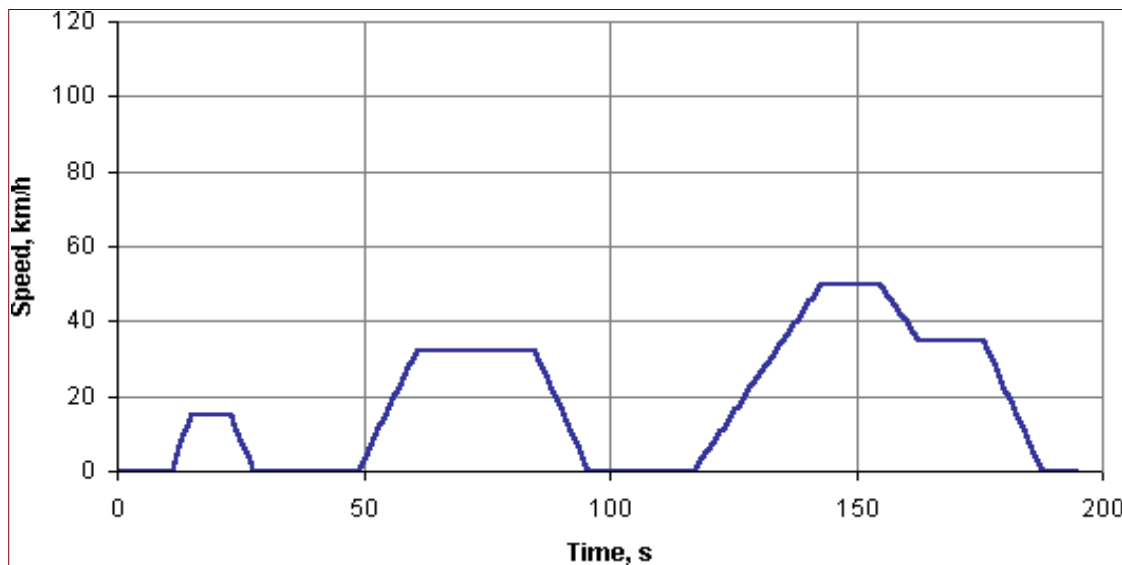
Παρ’ όλα αυτά, οι κύκλοι αυτοί πρέπει να αναμορφώνονται ανά τον χρόνο, ώστε να ενσωματώνουν τα καινούργια προκύπτοντα κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά. Αυτό έγινε ήδη στον ευρωπαϊκό κύκλο οδήγησης, με την πρόσθεση του υπεραστικού μέρους. Η ψηφιακή τεχνολογία (χαρτογραφίες κλπ) είχε επιτρέψει στα οχήματα της Ευρωπαϊκής Ένωσης να εκπέμπουν χαμηλούς ρύπους μέχρι την ταχύτητα των 50 km/h (μέγιστη ταχύτητα του αστικού κύκλου οδήγησης) και να συμμορφώνονται έτσι, με τη νομοθεσία. Όμως, για ταχύτερες μεγαλύτερες, η εκπομπή ρύπων αυξανόταν, δεδομένου ότι βασικός στόχος, πλέον, του κατασκευαστή ήταν η αύξηση των επιδόσεων του κινητήρα του αυτοκινήτου. ¹⁴

²⁰ Sierra Research Inc. - 1995 – Methodology of generating Driving Cycles for Inventory development (Prepared for U.S EPA) Report SR-09-02

5.2 Ευρωπαϊκή Ένωση και Κύκλοι Οδήγησης

5.2.1 Κύκλοι Οδήγησης ECE+EUDC

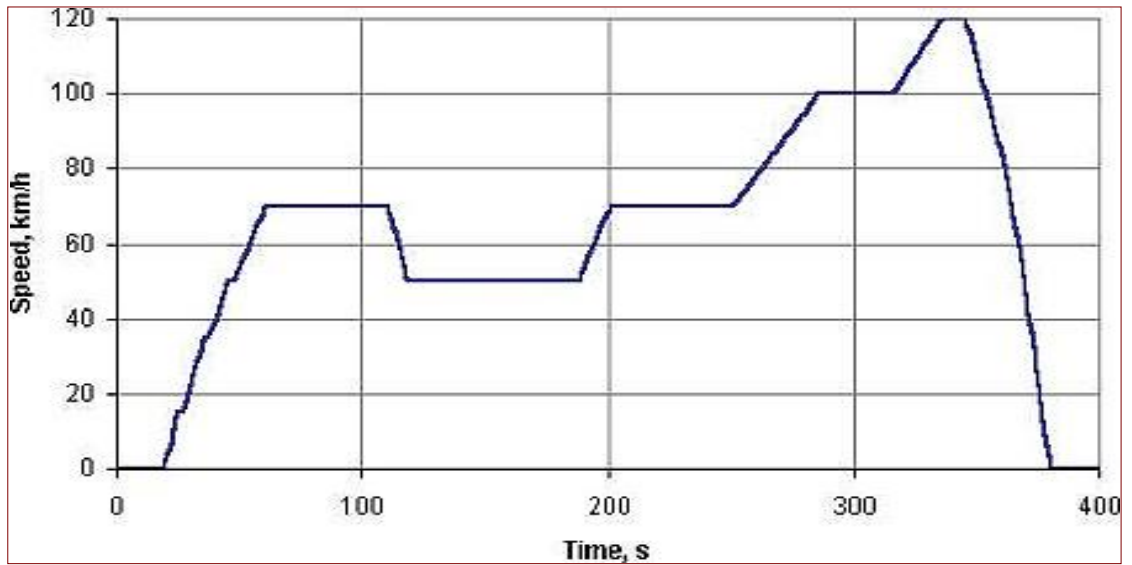
Ο κύκλος ECE+EUDC εκτελείται σε μία πέδη οχημάτων και χρησιμοποιείται για την πιστοποίηση των εκπεμπόμενων ρύπων από ελαφρά οχήματα-επιβατικά στην Ευρώπη [Οδηγία 90/C81/01 της ΕΟΚ]. Ο κύκλος περιλαμβάνει τέσσερα ECE τμήματα επαναλαμβανόμενα χωρίς διακοπή, που ακολουθούνται από ένα EUDC (Extra Urban Driving Cycle) τμήμα. Πριν από τη δοκιμή, το όχημα επιτρέπεται να παραμείνει για τουλάχιστον 6 ώρες σε μια θερμοκρασία δοκιμής 20-30°C. Έπειτα πραγματοποιείται η εκκίνησή του και επιτρέπεται να μείνει στο «ρελαντί» για 40 δευτερόλεπτα.²¹



Σχήμα 7: Διάγραμμα Ευρωπαϊκού Κύκλου Πόλης ECE.

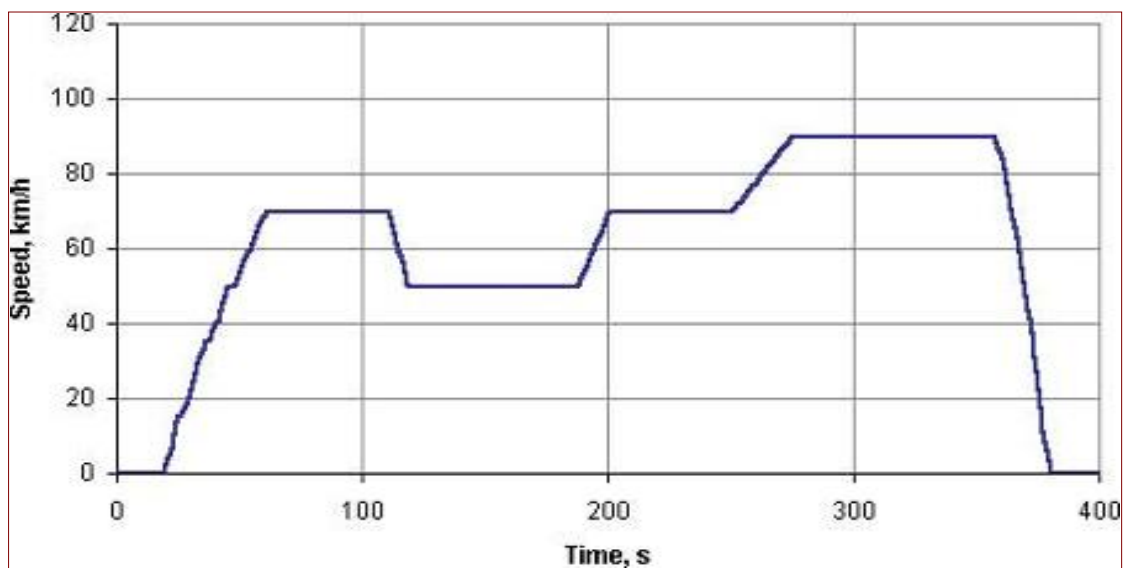
Από το έτος 2000, αυτή η περίοδος κατά την οποία το όχημα είναι στο «ρελαντί» καταργείται, δηλαδή, ο κινητήρας εκκινείται «κρύος» και η δειγματοληψία των εκπομπών αρχίζει αμέσως. Αυτή η τροποποιημένη διαδικασία ψυχρής εκκίνησης αναφέρεται επίσης ως NEDC (New European Driving Cycle). Οι εκπομπές λαμβάνονται 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. Ο ECE είναι ένας αστικός οδηγητικός κύκλος, επίσης γνωστός ως UDC (Urban Driving Cycle). Επινοήθηκε για να αντιπροσωπεύσει τις συνθήκες οδήγησης σε πόλεις όπως το Παρίσι και η Ρώμη. Χαρακτηρίζεται από τη χαμηλή ταχύτητα οχημάτων, το χαμηλό φορτίο του κινητήρα, και τη χαμηλή θερμοκρασία των καυσαερίων.²¹

²¹ Λουπάσης Μιχάλης – 2013 – Κύκλοι οδήγησης και ανάλυση διαδρομών για την πόλη των Χανίων – Τει Κρήτης, ΣΤΕΦ, Τμήμα Μηχανολογίας – σελ 28-72



Σχήμα 8: Διάγραμμα Ευρωπαϊκού Κύκλου Πόλης EUDC.

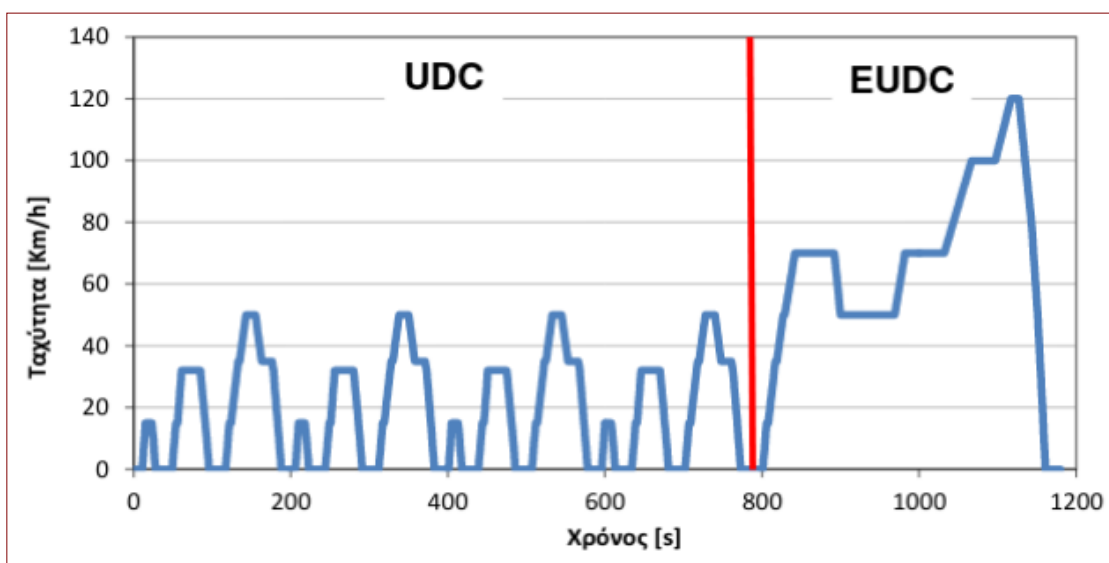
Το τμήμα EUDC (Extra Urban Driving Cycle) έχει προστεθεί μετά από τον τέταρτο ECE κύκλο για να χαρακτηρίσει τον πιο “νευρικό” και με μεγάλη ταχύτητα τρόπο οδήγησης. Η μέγιστη ταχύτητα του κύκλου EUDC είναι 120 km/h. Επίσης έχει καθοριστεί ένας εναλλακτικός κύκλος EUDC για τα χαμηλής ισχύος οχήματα, με μέγιστη ταχύτητα που περιορίζεται σε 90 km/h ²¹



Σχήμα 9: Διάγραμμα Ευρωπαϊκού Κύκλου Πόλης EUDC για χαμηλής ισχύος οχήματα.

5.2.2 Κύκλος Οδήγησης NEDC

Ο Ευρωπαϊκός κύκλος οδήγησης (NEDC), ο οποίος εκτελείται σε μία πέδη οχημάτων και χρησιμοποιείται για την πιστοποίηση των εκπεμπόμενων ρύπων από ελαφρά οχήματα-επιβατικά στην Ευρώπη. Ο κύκλος, ο οποίος παραθέεται στο Σχήμα 8, περιλαμβάνει τέσσερα ECE τμήματα επαναλαμβανόμενα χωρίς διακοπή, που ακολουθούνται από ένα EUDC (Extra Urban Driving Cycle) τμήμα. Ο ECE είναι ένας αστικός οδηγητικός κύκλος, επίσης γνωστός ως UDC. Επινοήθηκε για να αντιπροσωπεύσει τις συνθήκες οδήγησης σε πόλεις όπως το Παρίσι και η Ρώμη. Χαρακτηρίζεται από τη χαμηλή ταχύτητα οχημάτων, το χαμηλό φορτίο του κινητήρα, και τη χαμηλή θερμοκρασία των καυσαερίων. Το τμήμα EUDC έχει προστεθεί μετά από τον τέταρτο ECE κύκλο για να χαρακτηρίσει τον πιο «νευρικό» και με μεγάλη ταχύτητα τρόπο οδήγησης, ενώ η μέγιστη ταχύτητα του κύκλου EUDC είναι 120 km/h. ²¹



Σχήμα 10: Διάγραμμα Ευρωπαϊκού Κύκλου NEDC.

Χαρακτηριστικά	ECE	EUDC	NEDC
Απόσταση [km]	4.05	6.96	11.01
Διάρκεια [s]	780	400	1180
Μέση ταχύτητα [km/h]	18.7	62.6	33.6
Μέγιστη ταχύτητα [km/h]	50	120	120

Πίνακας 2: Χαρακτηριστικά κύκλων οδήγησης ECE – EUDC – NEDC.

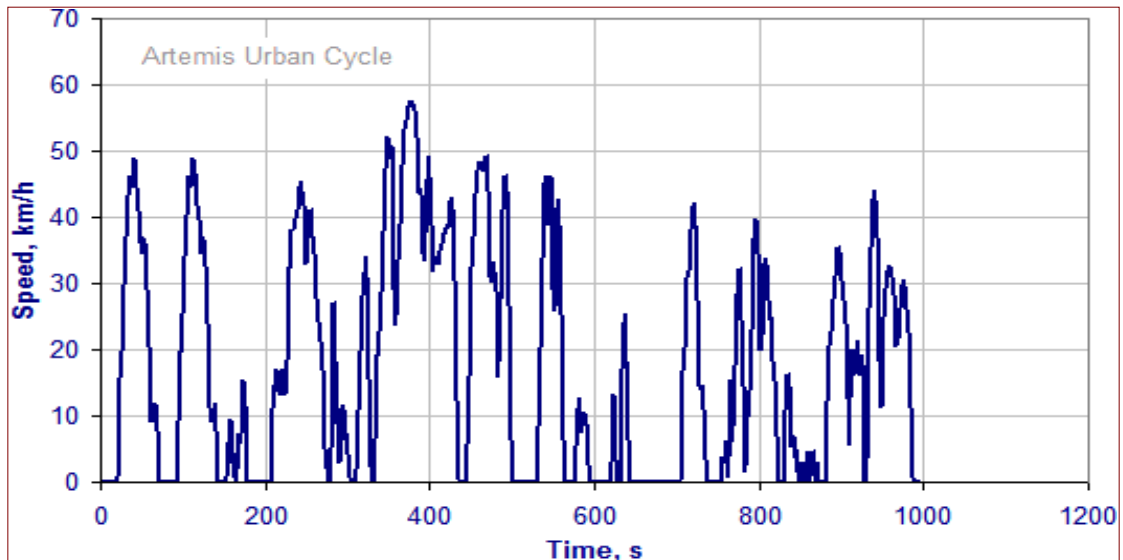
Πριν από τη δοκιμή, το όχημα επιτρέπεται να παραμείνει για τουλάχιστον 6 ώρες σε μια θερμοκρασία δοκιμής 20-30°C. Έπειτα πραγματοποιείται η εκκίνησή του και επιτρέπεται να μείνει στορελαντίγια 40 δευτερόλεπτα. Από το έτος 2000, αυτή η περίοδος κατά την οποία το όχημα είναι στο ρελαντίκαταργείται, δηλαδή ο κινητήρας εκκινείται «κρύος» και η δειγματοληψία των εκπομπών αρχίζει αμέσως. Αυτή η τροποποιημένη διαδικασία ψυχρής εκκίνησης αναφέρεται επίσης ως NEDC. Οι εκπομπές λαμβάνονται κατά τη διάρκεια του κύκλου σύμφωνα με τη μέθοδο «Σταθερών Όγκων», αναλύονται στη συνέχεια εκφράζονται σε g/km για κάθε έναν από τους μετρούμενους ρύπους. ²¹

5.2.3 Κύκλοι Οδήγησης Artemis

Κατά την δεκαετία του 90, οι ερευνητές ανέλαβαν να συλλέξουν δεδομένα για την πραγματική οδήγηση των ευρωπαϊκών αυτοκινήτων για να μπορέσουν να εξάγουν κύκλους οδήγησης αντιπροσωπευτικούς του τρόπου οδήγησης του πραγματικού κόσμου. Μέσω του Ευρωπαϊκού ερευνητικού έργου ARTEMIS, οι ερευνητές προσπάθησαν να αποκομίσουν μια σειρά από κύκλους οδήγησης αναφοράς. Οι κύριοι στόχοι ήταν οι ακόλουθοι: ²²

- Να εξαχθεί ένα κοινό σύνολο κύκλων οδήγησης αναφοράς αντιπροσωπευτικών του πραγματικού κόσμου που θα χρησιμοποιηθεί στο πλαίσιο του έργου ARTEMIS αλλά επίσης θα χρησιμοποιηθεί και στο πλαίσιο των εθνικών μετρήσεων εκπομπών ρύπων, για να εξασφαλιστεί η συμβατότητα και ενσωμάτωση όλων των στοιχείων που αφορούν τις εκπομπές, που προκύπτουν από τα ευρωπαϊκά συστήματα καταμέτρησης.
- Να εξασφαλίσει και να επικυρώσει την αντιπροσωπευτικότητα της βάσης δεδομένων στους κύκλους οδήγησης συγκρίνοντας και λαμβάνοντας υπόψη όλα τα διαθέσιμα στοιχεία σχετικά με τις συνθήκες οδήγησης.
- Να συμπεριληφθεί σε τρεις κύκλους οδήγησης (αστικό, υπεραστικό και αυτοκινητοδρόμου) η ποικιλομορφία των παρατηρούμενων συνθηκών οδήγησης, και ο επιπλέον διαχωρισμός σε υπό κύκλους που επιτρέπει τη διάσπαση των εκπομπών σύμφωνα με πιο ειδικές συνθήκες οδήγησης (πχ. υπό κύκλοι με κυκλοφοριακή συμφόρηση ή υπό κύκλοι με ελεύθερη ροή οχημάτων στην πόλη).

Οι εν λόγω κύκλοι οδήγησης παρουσιάζουν ένα πραγματικό πλεονέκτημα, δεδομένου ότι προέρχονται από μια μεγάλη βάση δεδομένων, χρησιμοποιώντας μια μεθοδολογία που συζητήθηκε ευρέως και εγκρίθηκε.



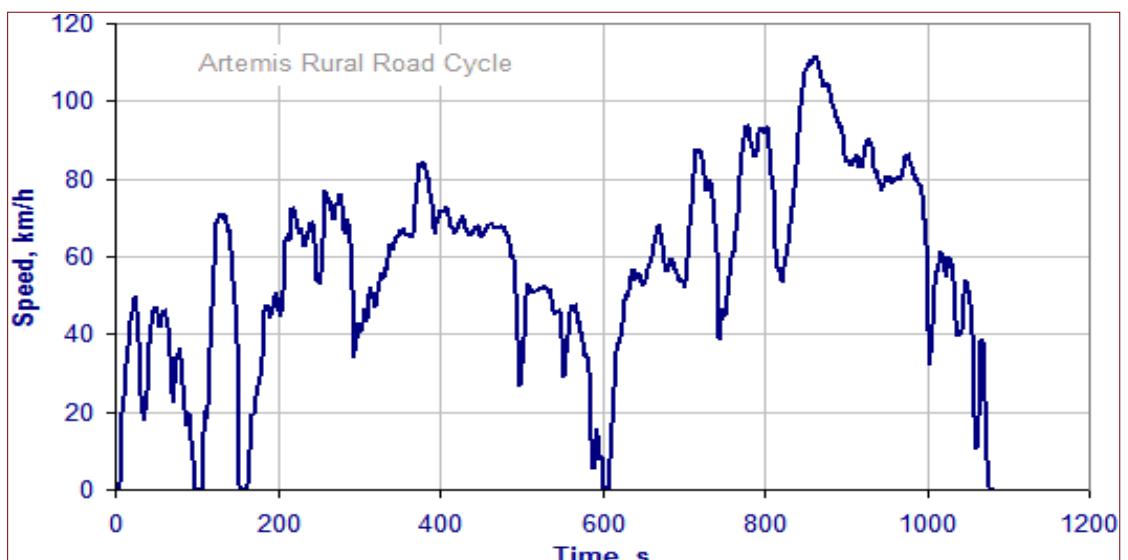
Σχήμα 11: Διάγραμμα Ευρωπαϊκού Αστικού (Urban) Κύκλου Artemis.

²²Σαμος Ζαχαρίας – 2014 – Πειραματική Μέτρηση και Προσομοίωση ενός PLUG-IN Υβριδικού Οχήματος – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών σελ 55-56

Χαρακτηριστικά	Αστικός (Urban)	Αγροτικός (Rural)	Αυτοκινητόδρομος 130 (Motorway)	Αυτοκινητόδρομος 150 (Motorway)
Διάρκεια (s)	920	1081	1067	1067
Απόσταση (km)	4.47	17.27	28.74	29.55
Μέση ταχύτητα (km/h)	17.5	57.5	97	99.7
Μέγιστη Ταχύτητα (km/h)	58	112	132	150
Ταχύτητα (%)				
Αδράνεια(S = 0 km/h)	29	3	2	2
Χαμηλή Ταχύτητα (0 < S <= 50)	69	31	15	15
Μεσαία Ταχύτητα (50 < S <= 90)	2	59	13	13
Μέγιστη Ταχύτητα (S > 90)	0	7	70	70

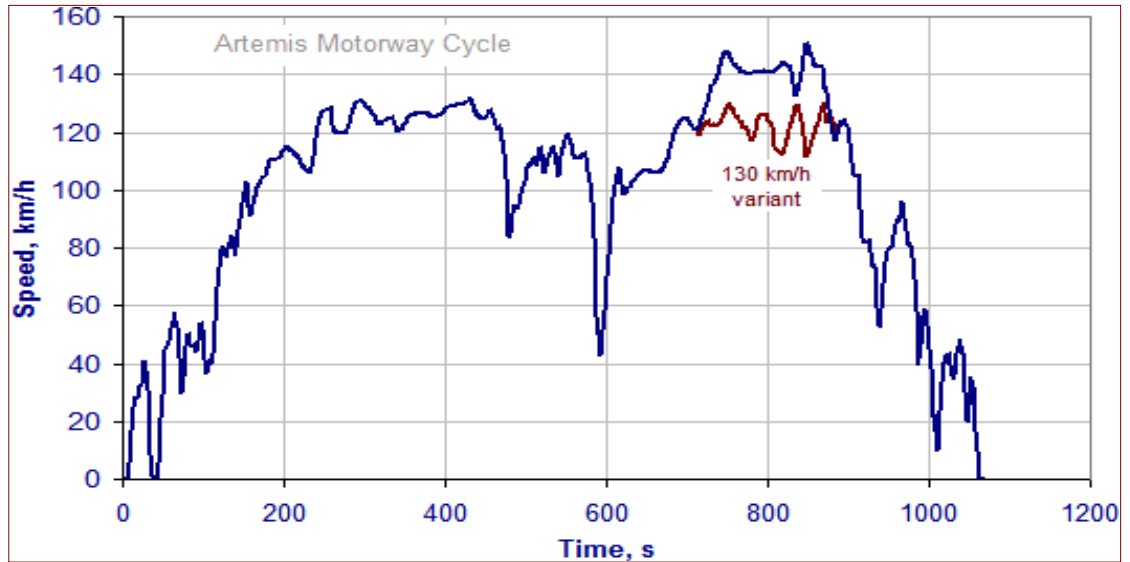
Πίνακας 3: Χαρακτηριστικά κύκλων οδήγησης Artemis.

Ο αστικός κύκλος χαρακτηρίζεται, από χαμηλές ταχύτητες οχήματος με μέση και μέγιστη ταχύτητα 17.5 km/h και 58km/h, αντίστοιχα και αντιπροσωπεύουν πραγματικές συνθήκες κίνησης μιας τυπικής ευρωπαϊκής πόλης. Η διάρκεια του είναι 920 s, ενώ η ιδανική απόσταση που διανύει το όχημα είναι 4.5 km. Ο υπεραστικός κύκλος, το προφίλ οδήγησης του οποίου παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα, δημιουργήθηκε για να αντιπροσωπεύσει τις συνθήκες κίνησης ενός υπεραστικού δρόμου και ως αποτέλεσμα χαρακτηρίζεται από μεσαίες ταχύτητες οχήματος με μέση και μέγιστη ταχύτητα 57.5km/h και 112 km/h, αντίστοιχα. ²²



Σχήμα 12: Διάγραμμα Ευρωπαϊκού Αγροτικού (Rural Road) Κύκλου Artemis.

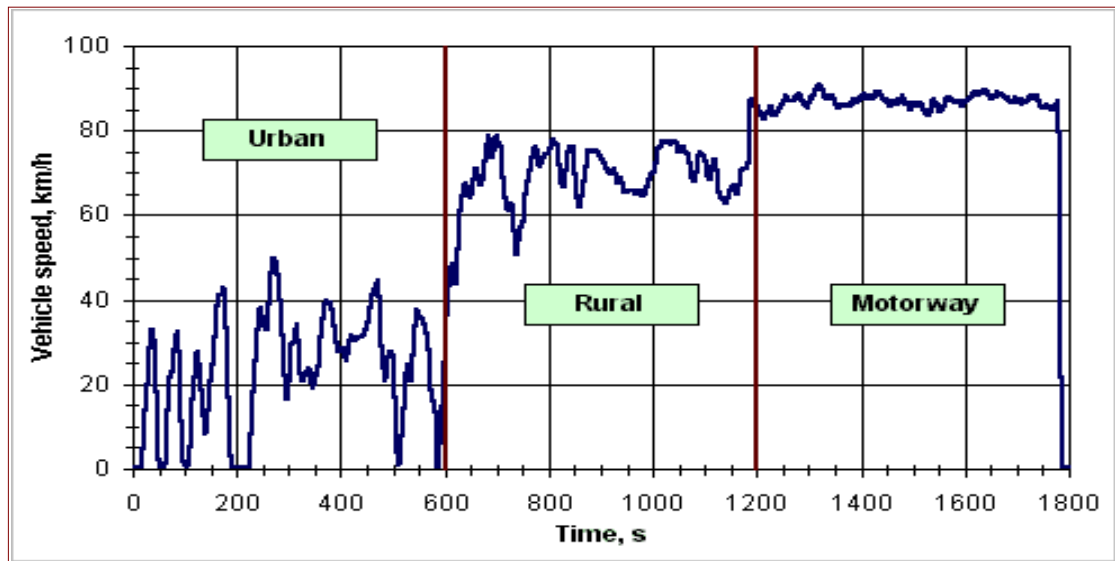
Η διάρκεια του είναι 1082 (s) και η ιδανική απόσταση 17.3 (km). Τέλος, ο κύκλος αυτοκινητόδρομου περιλαμβάνει δύο διαφορετικές εκδοχές, που εξαρτώνται από την μέγιστη ταχύτητα (130 km/h ή 150 km/h) και περιγράφει το προφίλ οδήγησης σε αυτοκινητόδρομους της Ευρώπης. Στην πρώτη εκδοχή, η μέση ταχύτητα είναι 97km/hμε διανυόμενη απόσταση περίπου 28.8km, ενώ στην δεύτερη εκδοχή η μέση ταχύτητα είναι 99.7 km και η αντίστοιχη απόσταση 29.6km/h και επίσης η διάρκεια και των δύο είναι 1067s.



Σχήμα 13: Διάγραμμα Ευρωπαϊκού Αυτοκινητόδρομου (Motorway) Κύκλου Artemis.

5.2.4 Κύκλος Πόλης ETC (European Transient Cycle)

Ο κύκλος πόλης ETC, έχει εισαχθεί, μαζί με τον ESC (European Stationary Cycle), για την πιστοποίηση των εκπεμπόμενων ρύπων από βαρέος τύπου κινητήρες DIESEL στην Ευρώπη ενώ η ισχύ του άρχισε το έτος 2000 (Οδηγία 1999/96/EC της 13ης Δεκεμβρίου 1999). Οι κύκλοι ESC και ETC αντικατέστησαν την παλαιότερη δοκιμή R-49. Ο κύκλος ETC έχει αναπτυχθεί από το ίδρυμα FIGE που εδρεύει στο Άαχεν της Γερμανίας, και βασίστηκε σε πραγματικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε βαρέος τύπου οχήματα κατά τη διάρκεια της κυκλοφορίας τους (FIGE έκθεση 104 05 316, Ιανουάριος 1994). Ο τελικός κύκλος ETC που εφαρμόστηκε είναι μια μικρότερη και ελαφρώς τροποποιημένη έκδοση της αρχικής πρότασης FIGE.²²



Σχήμα 14: Διάγραμμα Ευρωπαϊκού κύκλου πόλης ETC.

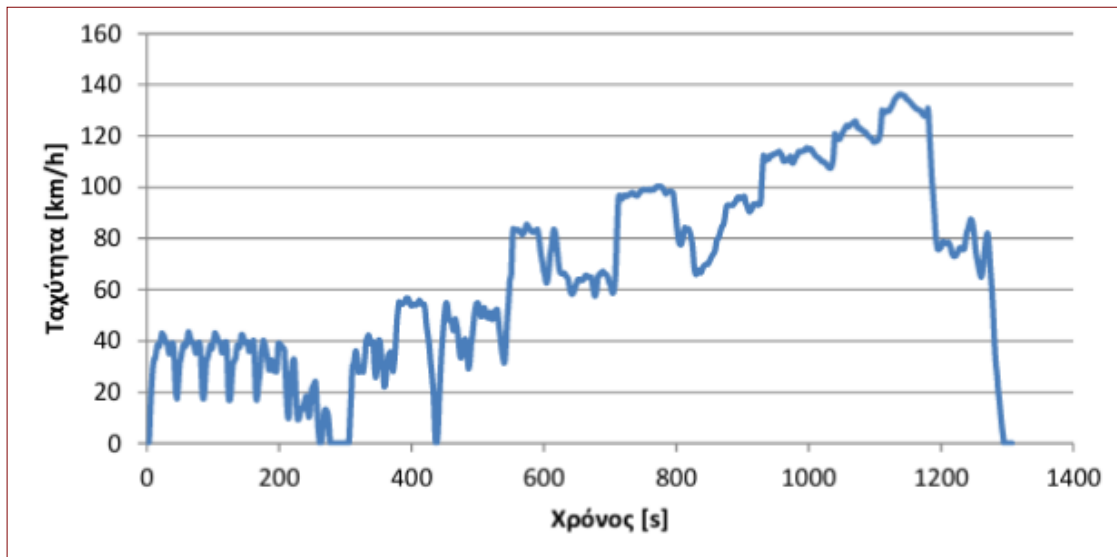
Οι διαφορετικές συνθήκες οδήγησης αντιπροσωπεύονται από τρία μέρη του κύκλου ETC, συμπεριλαμβανομένης της οδήγησης σε αστικό, επαρχιακό και εθνικό δίκτυο. Η διάρκεια ολόκληρου του κύκλου είναι 1800s. Η διάρκεια κάθε τμήματος είναι 600s.

- Το πρώτο τμήμα αντιπροσωπεύει την οδήγηση μέσα στη πόλη (Urban) που χαρακτηρίζεται από συχνές εκκινήσεις και στάσεις και από μια μέγιστη ταχύτητα 50 km/h.
- Το δεύτερο τμήμα αντιπροσωπεύει την οδήγηση σε επαρχιακό δίκτυο (Rural) αρχίζοντας από ένα απότομο τμήμα επιτάχυνσης. Η μέση ταχύτητα είναι περίπου 72 km/h
- Το τρίτο τμήμα αντιπροσωπεύει την οδήγηση σε δρόμο ταχείας κυκλοφορίας (Motorway) με μέση ταχύτητα περίπου 88 km/h.

Με σκοπό την πιστοποίηση των κινητήρων, ο κύκλος ETC εκτελείται σε μία πέδη κινητήρων. Στο Σχήμα 12 φαίνεται η μεταβολή της ταχύτητας του οχήματος συναρτήσει του χρόνου.²¹

5.2.5 Κύκλος Οδήγησης ERMES

Ο κύκλος οδήγησης ERMES (European Research group on Mobile Emission Sources) σχεδιάστηκε ειδικά για τις ανάγκες μοντελοποίησης των εκπομπών ρύπων και το προφίλ του απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα.



Σχήμα 15: Διάγραμμα Ευρωπαϊκού κύκλου πόλης ERMES.

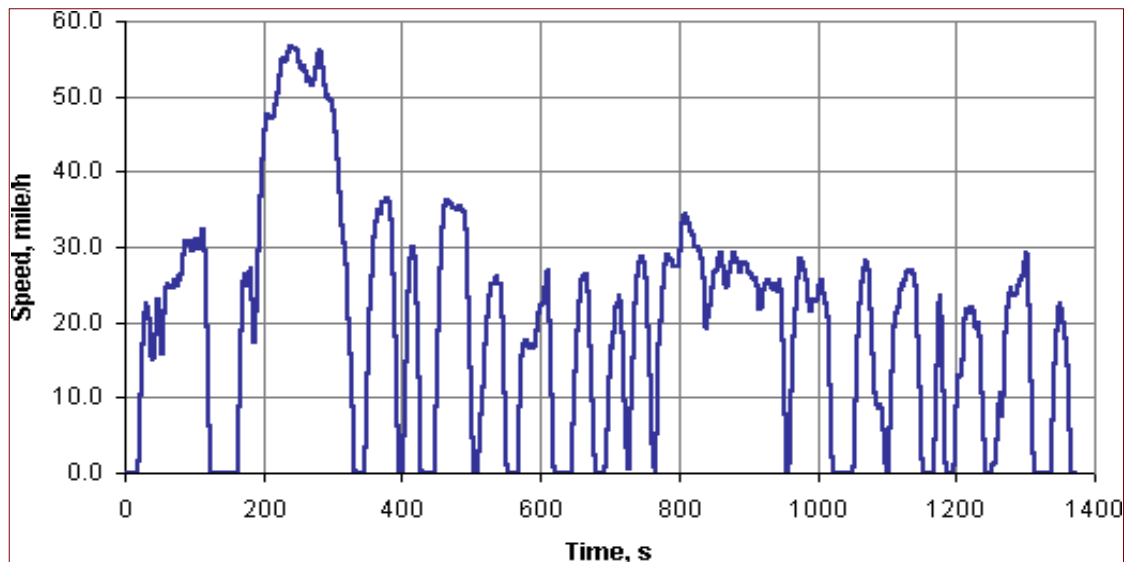
Χαρακτηριστικά	Μονάδες	Τιμή
Απόσταση	Km	24.25
Διάρκεια	Seconds (s)	1280
Χρόνος που το όχημα επιταχύνει	Seconds (s)	467
Χρόνος που το όχημα επιβραδύνει	Seconds (s)	429
Μέση Ταχύτητα	Km / h	68.2
Μέση ταχύτητα χωρίς στάσεις	Km / h	69.2
Μέγιστη Ταχύτητα	Km / h	135.8
Μέση επιτάχυνση	m / s ²	0.3
Μέγιστη επιτάχυνση	m / s ²	2.02

Πίνακας 4: Χαρακτηριστικά κύκλου οδήγησης ERMES.

5.3 Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής και Κύκλοι Οδήγησης

5.3.1 Κύκλος U.S FTP-72

Ο κύκλος FTP-72 ονομάζεται και UDDS ή LA-4 cycle. Ο ίδιος είναι γνωστός και στην Σουηδία ως κύκλος A10 ή CVS και στην Αυστραλία ως κύκλος ADR 27. Ο κύκλος προσομοιώνει μια αστική διαδρομή 12,07 χιλιομέτρων, με συχνές στάσεις. Η μέγιστη ταχύτητα είναι 91,2 χλμ/ώρα και η μέση ταχύτητα είναι 31,5 km/h.



Σχήμα 16: Διάγραμμα Αμερικάνικου κύκλου πόλης FTP-72.

Ο κύκλος αποτελείται από δύο φάσεις: (1) 505s (5,78 χιλιόμετρα σε 41,2 χιλιόμετρα μέση ταχύτητα) και (2) 864s. Η πρώτη φάση αρχίζει με την εκκίνηση εν ψυχρώ. Οι δύο φάσεις χωρίζονται από το σβήσιμο της μηχανής για 10 λεπτά. Στις ΗΠΑ εφαρμόζονται φορτία της τάξης των 0,43 και 0,57 για την πρώτη και δεύτερη φάση, αντίστοιχα. Στη Σουηδία και οι δύο φάσεις έχουν το ίδιο φορτίο.²⁵

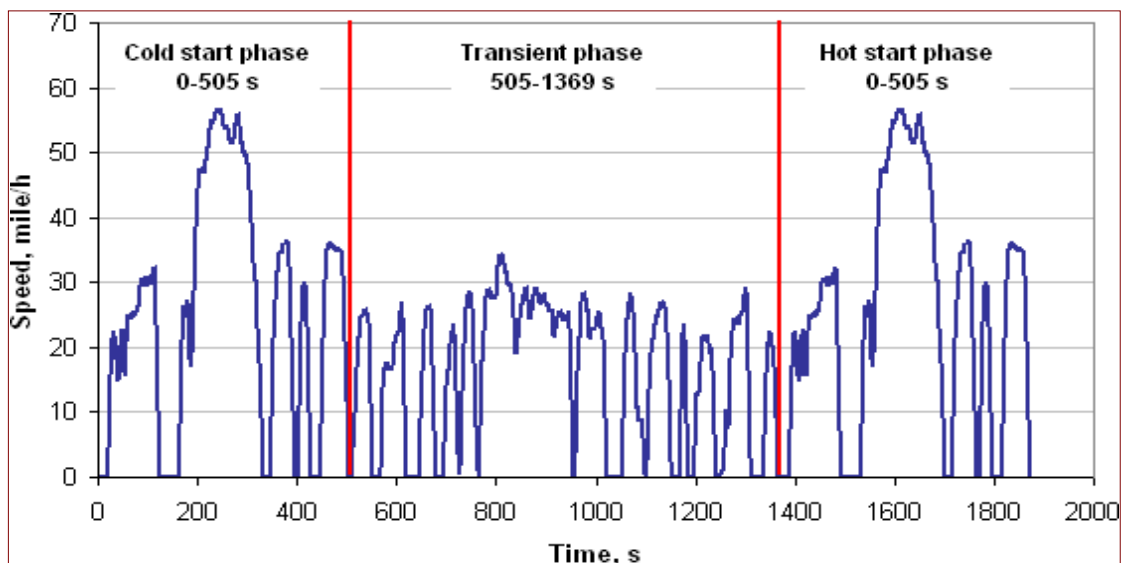
5.3.2 Κύκλος FTP-75

Ο κύκλος FTP-75 χρησιμοποιείται στις ΗΠΑ για την έγκριση τύπου των ελαφρών φορτηγών και επιβατικών οχημάτων. Από το 2000 τα οχήματα δοκιμάζονται σε δύο συμπληρωματικές διαδικασίες (SFTP), οι οποίες σχεδιάστηκαν να καλύπτουν τις ατέλειες του FTP-75 όσον αφορά α) την επιθετική οδήγηση υψηλών ταχυτήτων και β) την χρήση κλιματισμού. Ο κύκλος FTP-75 προέρχεται από τον κύκλο FTP-72 προσθέτοντας μια τρίτη φάση των 505s, ίδια με την πρώτη φάση του FTP-72 με την διαφορά ότι η εκκίνηση είναι με ζεστό κινητήρα. Η Τρίτη φάση ξεκινά αφού ο κινητήρας έχει απενεργοποιηθεί για 10 λεπτά. Επομένως ο κύκλος FTP-75 αποτελείται από τα παρακάτω μέρη : ²¹

- κρύα φάση εκκίνησης1
- μεταβατική φάση
- ζεστή φάση εκκίνησης.

Χαρακτηριστικά	Μονάδες	Τιμή
Απόσταση	Km	17.77
Διάρκεια	Seconds (s)	1874
Μέση Ταχύτητα	Km / h	34.1

Πίνακας 5: Χαρακτηριστικά κύκλου οδήγησης FTP-75.



Σχήμα 17: Διάγραμμα Αμερικάνικου κύκλου FTP-75.

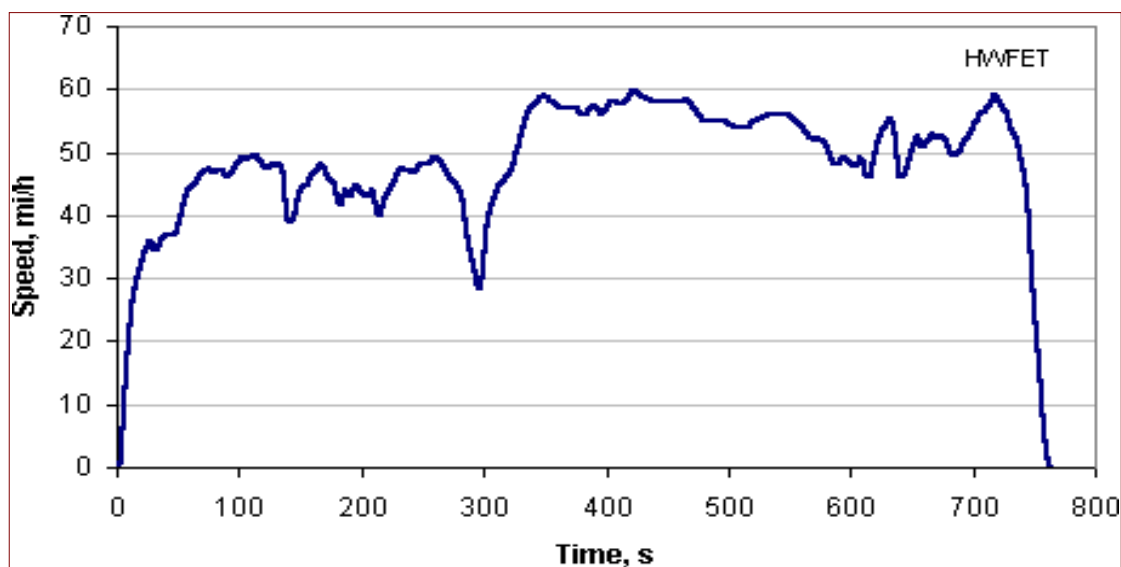
Οι εκπομπές από κάθε φάση συλλέγονται σε χωριστές τσάντες τεφλόν, αναλύονται και εκφράζονται σε g / μίλι ή g / km. Οι συντελεστές στάθμισης είναι 0,43 για την εκκίνηση εν ψυχρώ, 1 για την μεταβατική φάση και 0,57 για το ζεστή φάση εκκίνησης. Ο κύκλος FTP-75 είναι γνωστός στην Αυστραλία ως ADR 37. ²¹

5.3.3 Κύκλος HWFET

Ο κύκλος HWFET εφαρμόζεται σε δυναμομετρική εξέδρα και εξελίχθηκε από το Αμερικανικό EPA για τον προσδιορισμό της οικονομίας στα ελαφρά οχήματα.

Χαρακτηριστικά	Μονάδες	Τιμή
Απόσταση	Km	16.45
Διάρκεια	Seconds (s)	765
Μέση Ταχύτητα	Km / h	77.7

Πίνακας 6: Χαρακτηριστικά κύκλου οδήγησης HWFET.



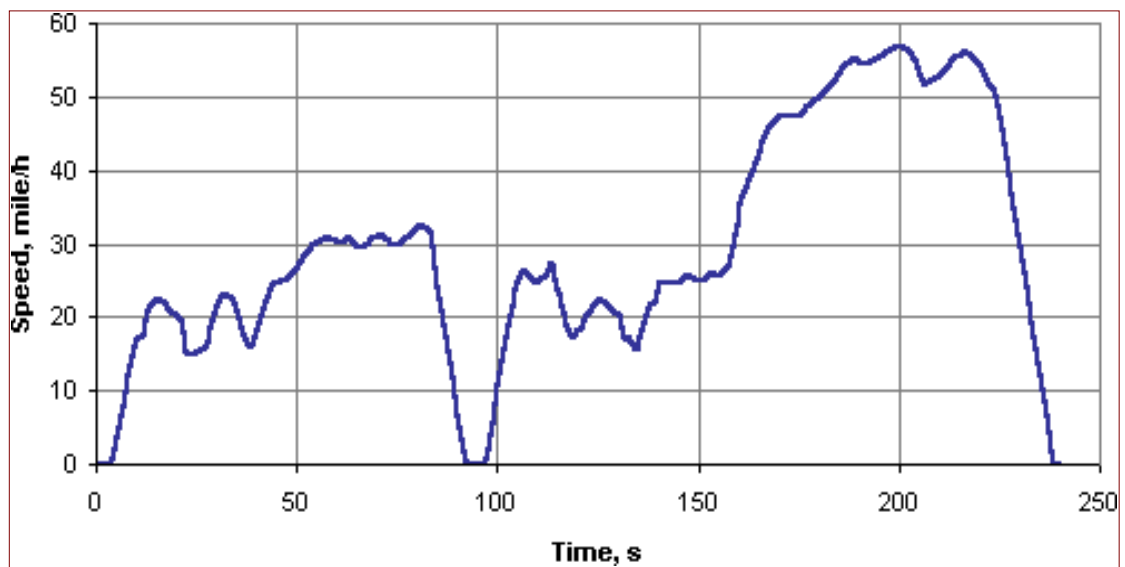
Σχήμα 18: Διάγραμμα Αμερικάνικου κύκλου HWFET.

5.3.4 Κύκλος IM240

Ο κύκλος χρησιμοποιείται σε δυναμομετρική εξέδρα για έλεγχο καυσαερίων σε ελαφρά οχήματα κατά την συντήρησή τους. Τα προγράμματα αυτά εφαρμόζονται σε κάποιες από τις πολιτείες της Αμερικής.

Χαρακτηριστικά	Μονάδες	Τιμή
Απόσταση	Km	3.1
Διάρκεια	Seconds (s)	240
Μέση Ταχύτητα	Km / h	47.3
Μέγιστη Ταχύτητα	Km / h	91.2

Πίνακας 7: Χαρακτηριστικά κύκλου οδήγησης IM240.



Σχήμα 19: Διάγραμμα Αμερικάνικου κύκλου IM240.

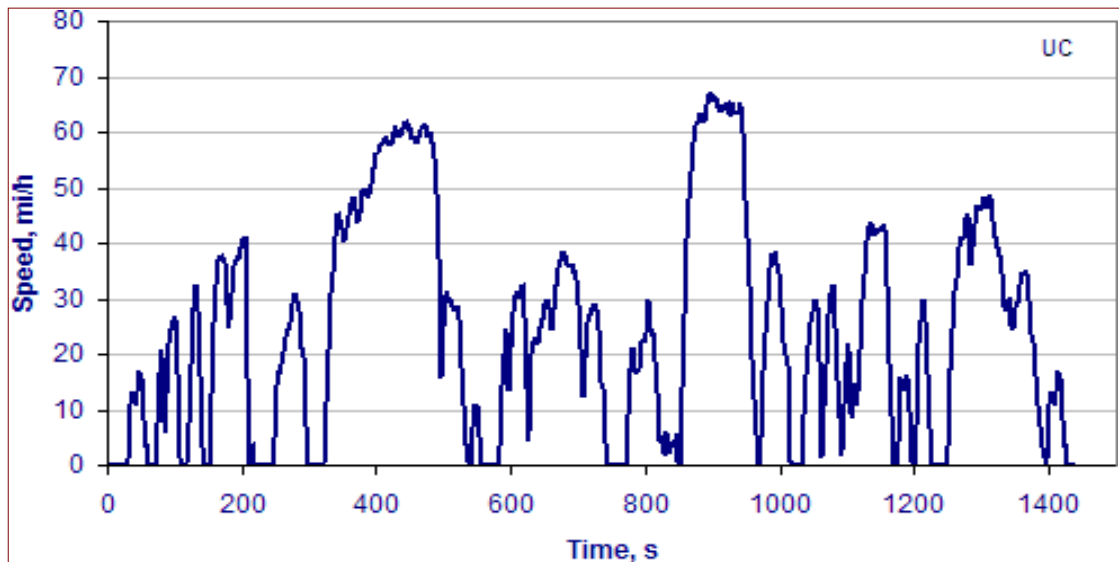
5.3.5 Κύκλος LA92

Ο κύκλος LA92 εφαρμόζεται σε δυναμομετρική εξέδρα για ελαφρά οχήματα και αναπτύχθηκε από το συμβούλιο ατμοσφαιρικών πόρων της Καλιφόρνια . τα χαρακτηριστικά του είναι πιο επιθετικά από τον κύκλο FTP-75, με υψηλότερες ταχύτητες κίνησης , μεγαλύτερες επιτάχυνσης, λιγότερες στάσεις ανά απόσταση και λιγότερο χρόνο στο ρελαντί. ²¹

Χαρακτηριστικά	Μονάδες	Τιμή
Απόσταση	Km	15.74
Διάρκεια	Seconds (s)	14.35
Μέση Ταχύτητα	Km / h	39.61

Πίνακας 8: Χαρακτηριστικά κύκλου οδήγησης LA92.

Ο κύκλος συνήθως αποκαλείται ως Unified LA92. Υπάρχει και ο «σύντομος LA92» ο οποίος περιλαμβάνει τα πρώτα 969s του Unified LA92 .



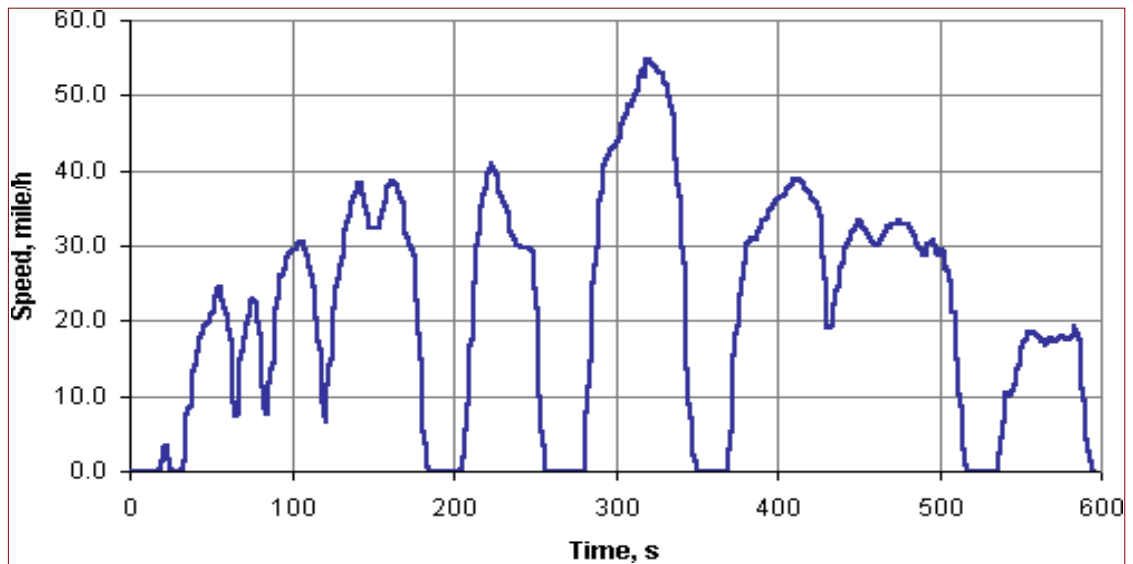
Σχήμα 20: Διάγραμμα Αμερικάνικου κύκλου LA92.

5.3.6 Κύκλος SFTP SC03

Ο κύκλος SFTP SC03 είναι συμπληρωματικός και αναπτύχθηκε με σκοπό να αντιπροσωπεύσει το φορτίο και τις εκπομπές οι οποίες σχετίζονται με τη χρήση κλιματισμού σε οχήματα που έχουν ήδη εγκριθεί στον κύκλο FTP-75. Τα χαρακτηριστικά του περιλαμβάνουν. ²¹

Χαρακτηριστικά	Μονάδες	Τιμή
Απόσταση	Km	5.8
Διάρκεια	Seconds (s)	596
Μέση Ταχύτητα	Km / h	34.8
Μέγιστη Ταχύτητα	Km / h	88.2

Πίνακας 9: Χαρακτηριστικά κύκλου οδήγησης SFTP SC03.



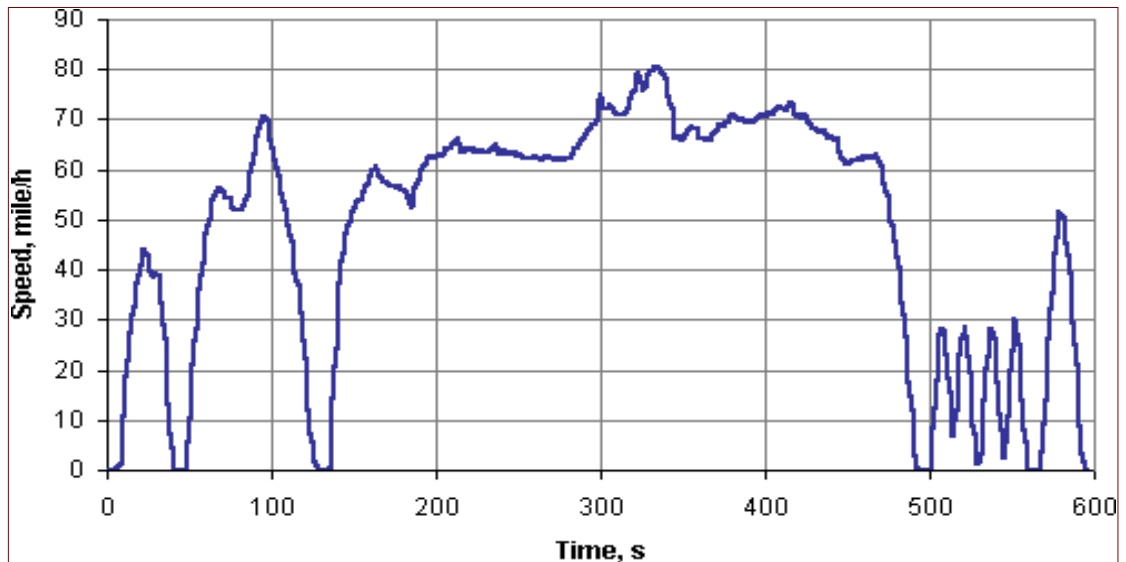
Σχήμα 21: Διάγραμμα Αμερικάνικου κύκλου SFTP SC03.

5.3.7 Κύκλος SFTP US06

Ο κύκλος SFTP US06 αναπτύχθηκε για να συμπληρώσει τις αδυναμίες του FTP-75 όσον αφορά την επιθετική οδήγηση που περιλαμβάνει υψηλές ταχύτητες κίνησης, υψηλές τιμές επιτάχυνσης, γρήγορες διακυμάνσεις ταχυτήτων κίνησης. Τα χαρακτηριστικά του περιλαμβάνουν. ²¹

Χαρακτηριστικά	Μονάδες	Τιμή
Απόσταση	Km	12.8
Διάρκεια	Seconds (s)	596
Μέση Ταχύτητα	Km / h	77.9
Μέγιστη Ταχύτητα	Km / h	129.2

Πίνακας 10: Χαρακτηριστικά κύκλου οδήγησης SFTP US06.



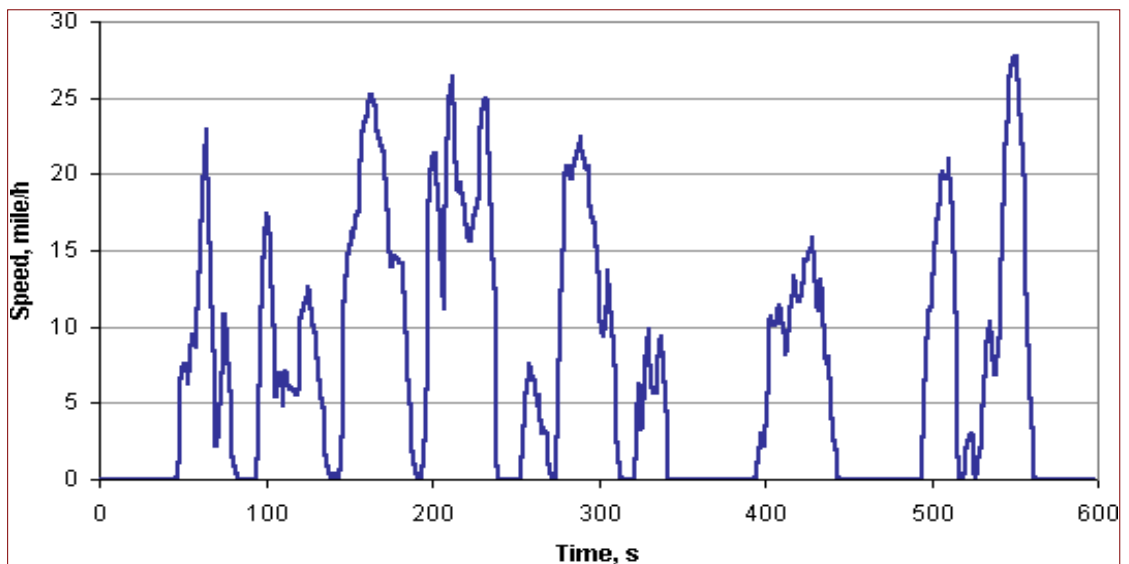
Σχήμα 22: Διάγραμμα Αμερικάνικου κύκλου SFTP US06.

5.3.8 Κύκλος οδήγησης EPA NYCC

Ο κύκλος EPA NYCC αναπτύχθηκε για μετρήσεις επιβατικών και ελαφρών φορτηγών στην δυναμομετρική εξέδρα. Η δοκιμή προσομοιώνει οδήγηση σε αστικό περιβάλλον με χαμηλές ταχύτητες και πολλές στάσεις.²¹

Χαρακτηριστικά	Μονάδες	Τιμή
Απόσταση	Km	1.89
Διάρκεια	Seconds (s)	598
Μέση Ταχύτητα	Km / h	11.4
Μέγιστη Ταχύτητα	Km / h	44.6

Πίνακας 11: Χαρακτηριστικά κύκλου οδήγησης EPA NYCC.

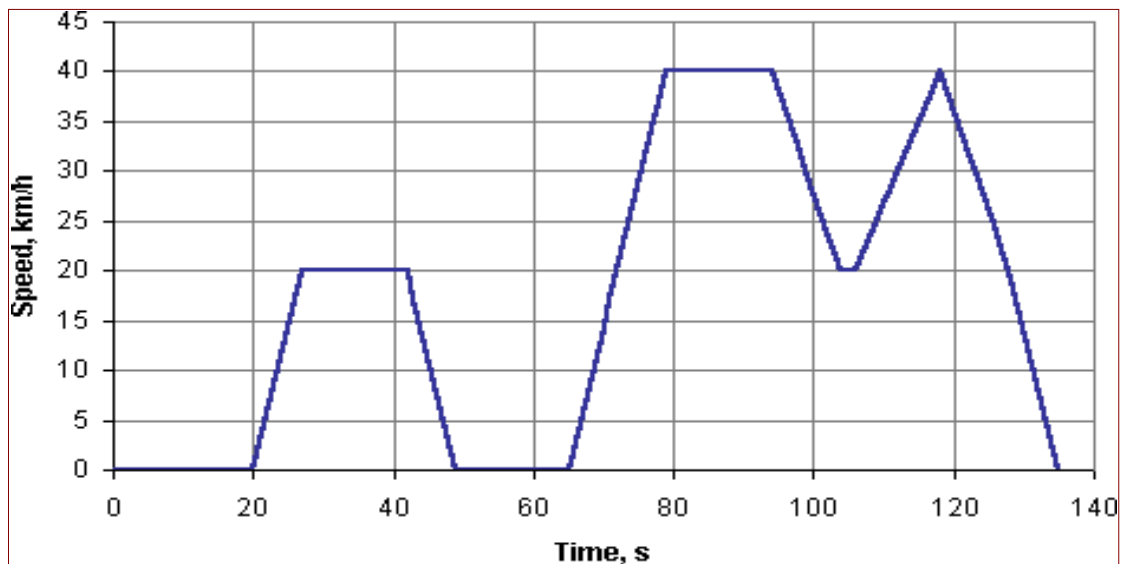


Σχήμα 23: Διάγραμμα Αμερικάνικου κύκλου EPA NYCC

5.4 Ιαπωνία και Κύκλοι Οδήγησης

5.4.1 Κύκλος οδήγησης 10-mode

Ο κύκλος οδήγησης 10-mode χρησιμοποιείται στην Ιαπωνία πριν τον 10-15 mode, για την έγκριση τύπου των επιβατικών και ελαφρών φορτηγών. Αντιπροσωπεύει αστικές συνθήκες οδήγησης μόνο που οι εκπομπές μετρούνται για πέντε επαναλήψεις του ίδιου τμήματος το οποίο έχει τα εξής χαρακτηριστικά. ²¹



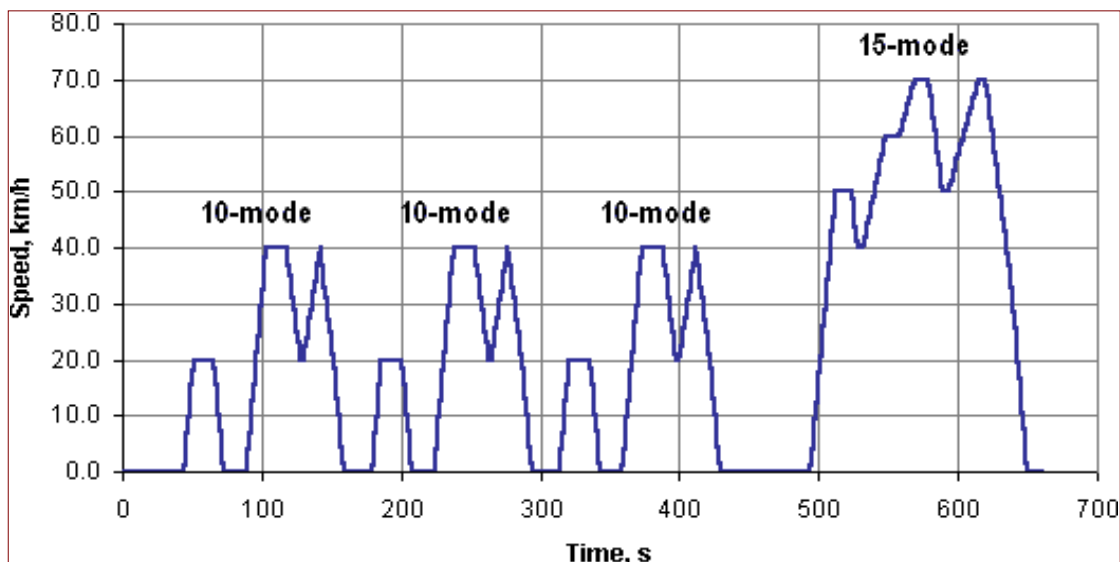
Σχήμα 24: Διάγραμμα Ιαπωνικού κύκλου 10 – mode.

Χαρακτηριστικά	Μονάδες	Τιμή
Απόσταση	Km	0.66
Διάρκεια	Seconds (s)	135
Μέση Ταχύτητα	Km / h	17.7
Μέγιστη Ταχύτητα	Km / h	40

Πίνακας 12: Χαρακτηριστικά κύκλου οδήγησης 10 mode.

5.4.2 Κύκλος οδήγησης 10-15 mode

Ο συγκεκριμένος κύκλος οδήγησης χρησιμοποιείται στην Ιαπωνία για την έγκριση τύπου όσον αφορά τις εκπομπές ρύπων και την κατανάλωση, σε επιβατικά και ελαφρά φορτηγά. Προέρχεται από τον 10-mode με την προσθήκη ενός τμήματος 15-mode με μέγιστη ταχύτητα τα 70km/h. ²¹



Σχήμα 25: Διάγραμμα Ιαπωνικού κύκλου 10 – 15 mode.

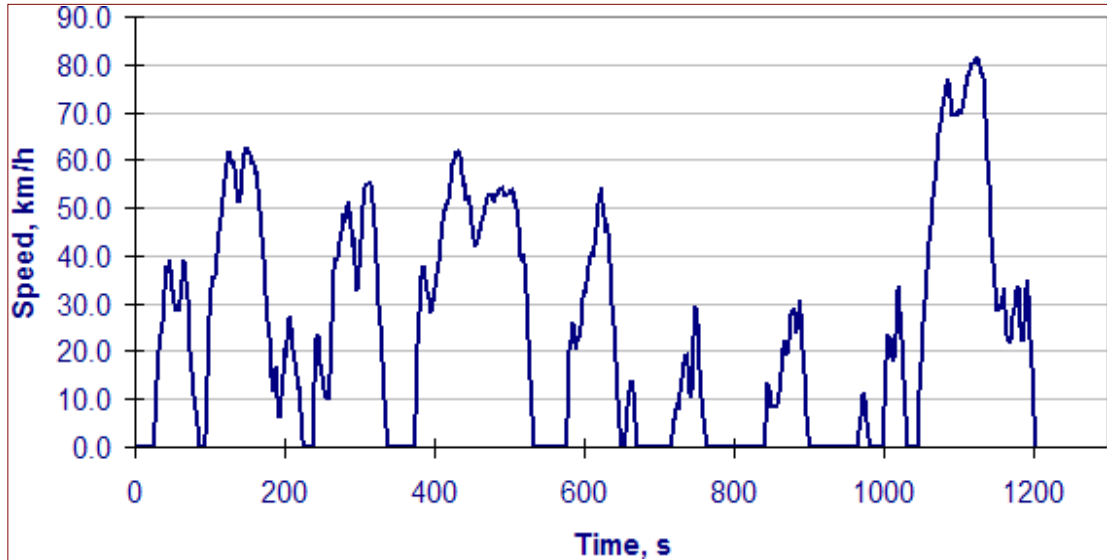
Η διαδικασία που ακολουθείτε είναι η εξής: Προθέρμανση του κινητήρα για 15 λεπτά στα 60km/h, μέτρηση στο ρελαντί, 5 λεπτά προθέρμανση στα 60km/h, ακολουθούμενο από ένα τμήμα 15-mode. Αμέσως μετά τρεις επαναλήψεις του κύκλου 10-mode και άλλη μια του 15-mode. Οι εκπομπές λαμβάνονται υπόψη στα τέσσερα τελευταία τμήματα (3X10-mode + 1X15-mode). ²¹

Χαρακτηριστικά	Μονάδες	Τιμή
Απόσταση	Km	4.16 – 6.34
Διάρκεια	Seconds (s)	22.7 -25.6
Μέση Ταχύτητα	Km / h	660 - 892

Πίνακας 13: Χαρακτηριστικά κύκλου οδήγησης 10 – 15 mode.

5.4.3 Κύκλος JC 08

Πρόκειται για ένα νέο αστικό κύκλο οδήγησης για τις μετρήσεις εκπομπής ρύπων και οικονομίας καυσίμων των επιβατικών και ελαφρών φορτηγών, ο οποίος θα αντικαταστήσει πλήρως τον κύκλο 10-15mode μέχρι το 2011.



Σχήμα 26: Διάγραμμα Ιαπωνικού κύκλου JC 08.

Χαρακτηριστικά	Μονάδες	Τιμή
Απόσταση	Km	8.17
Διάρκεια	Seconds (s)	1204
Μέση Ταχύτητα	Km / h	24.4
Μέγιστη Ταχύτητα	Km / h	81.6
Λόγος φορτίου	(%)	29.7

Πίνακας 14: Χαρακτηριστικά κύκλου οδήγησης JC 08.

5.5 Κύκλος WLTP

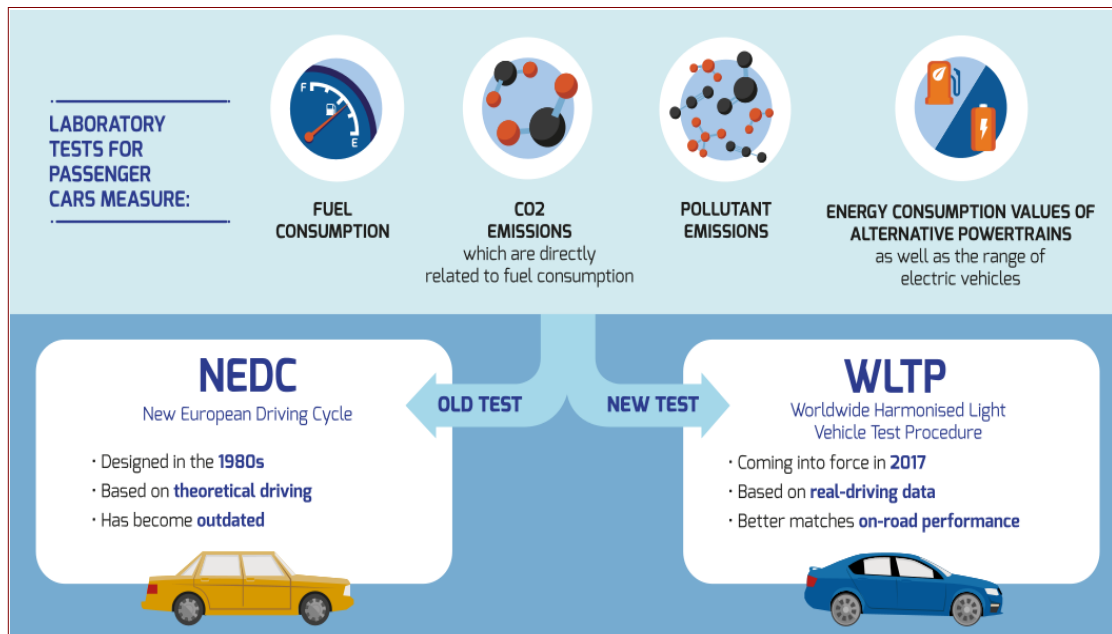
5.5.1 Εισαγωγή

Ο κύκλος NEDC, ο οποίος αποτελεί την κύρια πηγή δεδομένων για την δημιουργία αντιπροσωπευτικών προφίλ έχει αρχίσει σιγά σιγά να παραχωρεί την θέση του στον κύκλο WLTP. Από τον Σεπτέμβριο του 2017 πολλές χώρες ξεκίνησαν να αλλάζουν τις υπάρχουσες διαδικασίες δοκιμών για την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές ρύπων ενός οχήματος. Ο WLTP προσφέρει μια σειρά από πολλά οφέλη. Υπάρχουν σταθερά προφίλ οδήγησης και οι διαδικασίες μέτρησης επιτρέπουν καλύτερες συγκρίσεις. Ακόμα και η δοκιμαστική δομή του WLTP έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να απεικονίζει τις τιμές κατανάλωσης καυσίμου και εκπομπών ρύπων κατά κάποιον τρόπο πιο ρεαλιστικό. Τον Νοέμβριο του 2007, εμπειρογνώμονες από την Ε.Ε, την Ιαπωνία και την Ινδία, άρχισαν να αναπτύσσουν το WLTP σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές της UNECE (Οικονομική Επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών για την Ευρώπη). Χρησιμοποιούσαν δεδομένα οδήγησης που συλλέχθηκαν σε όλο τον κόσμο ως βάση των μελετών τους. Η εισαγωγή πραγματοποιήθηκε σταδιακά από τον Σεπτέμβριο του 2017 στις χώρες της ΕΕ-28, τη Νορβηγία, την Ισλανδία, την Ελβετία, την Τουρκία, το Ισραήλ, την Ιαπωνία και για τις εκπομπές καυσαερίων στην Κίνα. Η Ινδία και η Νότια Κορέα εφαρμόζουν την διαδικασία επίσης σε μεταγενέστερο στάδιο.

Την ιδέα για την πραγματοποίηση του εν λόγω έργου έδωσε το γεγονός πως οι δοκιμές προκειμένου να μετρηθούν οι επιδόσεις των οχημάτων, τις οποίες έκαναν στο παρελθόν οι κατασκευαστές αποσκοπώντας να συλλέξουν στοιχεία σχετικά με την κατανάλωση καυσίμων και τις εκπομπές ρύπων, είχαν σκοτεινές περιοχές με την έννοια ότι δεν μπορούσαν να ανταποκριθούν σε καθημερινές συνθήκες οδήγησης. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να αποτελεί ζητούμενο η τροποποίηση το ταχύτερο δυνατόν ο νέος Ευρωπαϊκός κύκλος οδήγησης, ο οποίος βρίσκεται ακόμα σε ισχύ, για να επιτευχθεί η διαμόρφωση μιας νέας και περισσότερης αξιόπιστης διαδικασίας δοκιμών ελαφρών οχημάτων (WLTP), η οποία να συμφωνεί με τις απαιτήσεις του ΟΗΕ. Τα μέλη του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου αποφάσισαν ότι : “Η επιτροπή θα πρέπει να εκπονήσει μια εμπειροστατημένη μελέτη συσχέτισης του κύκλου δοκιμών NEDC με το νέο WLTP, ώστε να εξασφαλιστεί η αντιπροσωπευτικότητα του στις πραγματικές συνθήκες οδήγησης”. Η επιτροπή έθεσε ως στόχο η εκπομπή του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) των αυτοκινήτων να βρίσκεται στο επίπεδο των 95g για το 2020. ^{23 24}

²³ Δημοσθένης Κακαλόπουλος – 2014 – Επίδραση Κλιμακωής Κιβωτίου Ταχυτήτων στις Εκπομπές CO₂ από επιβατικό όχημα σελ.11-13

²⁴ Monica Tutuianu, Alessandro Marotta, Heinz Steven, Eva Ericsson, Takahiro Haniu, Noriyuki Ichikawa, Hajime Ishii. Development of a world-wide harmonized light duty driving test cycle (WLTC), 2013



Εικόνα 10: Σύγκριση του κύκλου NEDC με τον κύκλο WLTP.

Μέσω αυτής της διαδικασίας θα εξαχθούν ασφαλέστερα συμπεράσματα για την συμπεριφορά του οδηγού. Εάν ληφθεί υπόψιν ότι ο νέος κύκλος δοκιμών είναι διαφορετικός, δηλαδή ότι είναι αυξημένη η τελική ταχύτητα και μεγαλύτερη η επιτάχυνση συγκριτικά με την υπάρχουσα διαδικασία, θα μπορούσε να περιοριστεί η δυνατότητα απόκλισης των κατασκευαστών κατά την διάρκεια των μετρήσεων από την κατανάλωση καυσίμων και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Ταυτόχρονα με τις εργασίες για τον WLTP η Ε.Ε επεξεργάζεται μια νέα διαδικασία δοκιμών για να πραγματοποιείται και πρόσθετη αξιολόγηση σχετικά με την επίπτωση του κλιματισμού ενός οχήματος στην κατανάλωση ενέργειας. Αλλάζουν επίσης οι διαδικασίες δοκιμών για τα υβριδικά και καθαρά ηλεκτρικά οχήματα για την επίτευξη μιας πιο ακριβούς μέτρησης των εκπομπών τους και τις ενέργειες που καταναλώνουν.

Οι προαναφερθείσες αναθεωρήσεις θα καταστήσουν δυνατή την συλλογή ακριβέστερων πληροφοριών από τους νομοθέτες και τους καταναλωτές και κατά συνέπεια θα διαμορφώσουν ένα ισχυρότερο πλαίσιο για ενέργειες που θα στοχεύουν στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και περαιτέρω σε πιο αποδοτικά οχήματα όσον αφορά την ενέργεια. Για την έγκριση τύπου πιστοποίησης εκπομπών ρύπων που αφορούν ελαφρά επιβατικά αυτοκίνητα προϋποτίθενται ποικίλες δυναμομετρικές δοκιμές. Παραδείγματα δοκιμαστικών κύκλων είναι : ο NEDC που χρησιμοποιείται στην Ευρώπη, ο JC08 που εφαρμόζεται στην Ιαπωνία και ο UDDS (Urban Dynamometer Driving Schedule) αντίστοιχα στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής. Ο JC08 χρησιμοποιεί δεδομένα από οδήγηση σε δρόμους με μεγάλη κυκλοφοριακή συμφόρηση, που χαρακτηρίζεται από συχνή χρήση του ρελαντί και συχνή εναλλαγή επιτάχυνσης και επιβράδυνσης.²³

Οι κύκλοι οδήγησης που αναφέρθηκαν διαθέτουν αρκετά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Αφενός, ο NEDC, ο οποίος συγκροτείται με διάφορες περιόδους σταθερής κατάστασης, είναι σχετικά απλός και επαναλαμβανόμενος. Όμως, έχει διαπιστωθεί ότι ο NEDC δεν είναι ιδιαίτερα αξιόπιστος σε συνθήκες πραγματικής οδήγησης και δεν παράγει πιστά τα δεδομένα που αφορούν την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές ρύπων. Αφετέρου, ο JC08 είναι καταλληλότερος για συνθήκες πραγματικής οδήγησης και ιδιαίτερα σε συνθήκες κυκλοφοριακής συμφόρησης, χωρίς να είναι αξιόπιστος σε περιπτώσεις σταθερότητας και ηρεμίας.

5.5.2 Περιορισμοί του κύκλου WLTP

Με το ξεκίνημα του κύκλου WLTP, δημιουργήθηκε ένας καινούργιος νομοθετικός κύκλος ο οποίος βρίσκεται σε θέση να προβλέπει με μεγαλύτερη ακρίβεια την κατανάλωση καυσίμου καθώς και τις εκπομπές ρύπων όταν ένα όχημα βρίσκεται υπό κανονικές συνθήκες οδήγησης. Το χαρακτηριστικό του WLTP (World-Wide Harmonized Light Duty Test Cycle) είναι ότι παράχθηκε από δεδομένα τα οποία προέρχονται από διαφορετικές μετρήσεις σε πέντε διαφορετικές περιοχές, την Ε.Ε, την Ελβετία, τις ΗΠΑ, την Ινδία, την Κορέα και την Ιαπωνία. Επίσης, ο παραπάνω κύκλος, είναι σε θέση να εξετάσει ποικίλες κατηγορίες οχημάτων (Βαριά και ελαφριά οχήματα, οχήματα με διαφόρους κυβισμούς κινητήρων, οχήματα με διαφορετικούς λόγους ισχύος και μάζας) πάνω σε τελείως διαφορετικές συνθήκες για το καθένα (Αυτοκινητόδρομους, πόλεις καθώς και υπεραστικούς δρόμους).

Το κύριο μέλημα του WLTP είναι να δημιουργηθεί μια σειρά ενεργιών η οποία θα αποσκοπεί στην δοκιμή αυτοκινήτων, των οποίων τα δεδομένα που προκύπτουν από την δοκιμή να συγκλίνουν με αυτά που εμφανίζονται στην πράξη. Στην πραγματικότητα όμως, ο αγώνας για την δημιουργία περισσότερο αντιπροσωπευτικών συνθηκών οδηγεί σε πολλούς περιορισμούς στους οποίους πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή για την ανάπτυξη αυτής της διαδικασίας. Οι περιορισμοί αυτοί παρουσιάζονται παρακάτω :²³

- **Επαναληψιμότητα :** Στην περίπτωση που μια δοκιμή γίνεται επανηληθμένως σε όμοιες συνθήκες και στον ίδιο χώρο-εργαστήριο, τότε τα δεδομένα που θα προκύπτουν σε αυτές τις επαναλαμβανόμενες συνθήκες θα είναι σχεδόν πανομοιότατα. Για την αποφυγή αυτής της κατάστασης θα χρειαστεί όλες οι συνθήκες θα πρέπει να είναι από την αρχή ορισμένες με τον κατάλληλο τρόπο. Πολλές φορές, μπορεί να είναι σχετικά δύσκολο να οριστεί σωστά κάποια παράμετρος, έτσι θα αναφερθεί σε μια τιμή που θα αντιπροσωπεύει ή την καλύτερη ή την χειρότερη περίπτωση με αποτέλεσμα για τις ρεαλιστικές συνθήκες θα βρίσκεται στην μέση. Με τον τρόπο αυξάνεται η επαναληψιμότητα των δοκιμών με αποτέλεσμα ένα ποσοστό της ικανότητας της δοκιμής να παράγει δεδομένα για ρεαλιστικές συνθήκες να χάνεται.
- **Αναπαραγωγικότητα:** Στην περίπτωση που μια δοκιμή πραγματοποιείται πολλές φορές σε όμοιες συνθήκες αλλά σε άλλα εργαστήρια-μηχανήματα, θα πρέπει τα παραγόμενα δεδομένα να συγκλίνουν. Παράγοντες όμως όπως είναι η διαφορετική θερμοκρασία περιβάλλοντος ανά τα διαφορετικά εργαστήρια μπορούν να επηρεάσουν τις μετρήσεις.
- **Σχέση κόστους –αποδοτικότητας:** Το κόστος σε σχέση με την αποδοτικότητα είναι ένας ακόμη σημαντικός περιορισμός. Για την παραγωγή αντιπροσωπευτικών μετρήσεων υπάρχει η απαίτηση πολλών διαφορετικών δοκιμών. Οι δοκιμές αυτές, στοιχίζουν με αποτέλεσμα να αποφεύγονται. Επιπλέον δοκιμές δικαιολογούνται μόνο όταν οι εξωτερικές συνθήκες επιρεάζουν απόλυτα τα αποτελέσματα. Άρα, η ικανότητα της δοκιμής να παράγει σωστά αποτελέσματα χάνεται για να μειωθεί το κόστος.
- **Πρακτικότητα:** Για να πραγματοποιηθεί μια δοκιμή μέτρησης, χρειάζεται να είναι πρακτική και για το προσωπικό αλλά και για τον εξοπλισμό. Πολλές φορές, για το ξεκίνημα μιας δοκιμής πρέπει να προηγηθεί μια οργάνωση του πειράματος (π.χ για την σωστή μέτρηση πρέπει τα λάστιχα του πειραματικού οχήματος να είναι ζεστα). Τέτοιες περιπτώσεις χαρακτηρίζονται περιορισμοί όσον αφορά την πρακτικότητα αλλά πολλοί τέτοιοι αφορούν και το κόστος μιας δοκιμής.

5.5.3 Κατηγορίες WLTP και χαρακτηριστικά

Οι διαδικασίες του WLTP περιλαμβάνουν διάφορους κύκλους δοκιμών που εφαρμόζονται σε κατηγορίες οχημάτων με διαφορετική αναλογία ισχύος προς την μάζα (PMR). Η παράμετρος PMR ορίζεται ως λόγος της ονομαστικής ισχύος (W) προς την μάζα του οχήματος (kg). Η μάζα του οχήματος σε αυτήν την περίπτωση σημαίνει “την μάζα χωρίς το φορτίο” δηλαδή η μάζα του οχήματος χωρίς τον οδηγό. Όπως αυτό ορίζεται στο πρότυπο ECE R83. Ωστόσο, οι κανονισμοί της E.E εμφανίζονται ασυμβίβαστοι με το GTR 15 και καθιστούν την μάζα αυτή ως “μάζα σε κατάσταση λειτουργίας η οποία περιλαμβάνει τον οδηγό και είναι 75kg υψηλότερη.”²⁵

Υπολογισμός αναλοίας ισχύος προς την μάζα (RMR) :

$$PMR \left(\frac{W}{Kg} \right) = \frac{\text{Ονομαστική ισχύς (W)}}{\text{Μάζα (Kg)}} \text{ σχέση (1)}.$$

Ο ορισμός της κατηγορίας μπορεί επίσης να εξαρτιέται από την μέγιστη ταχύτητα (v_max), η οποία είναι η μέγιστη ταχύτητα του οχήματος από τον κατασκευαστή (ECE R68) και όχι ο περιορισμός χρήσης ή ο περιορισμός που βασίζεται στην ασφάλεια. Επιτρέπονται οι τροποποιήσεις κύκλων οδήγησης για την αντιμετώπιση προβλημάτων οδικότητας ια οχήματα με αναλογίες κοντά στις οριακές γραμμές ή με μέγιστες ταχύτητες που περιορίζονται σε τιμές κάτω από τη μέιστη ταχύτητα που απαιτείται από τον κύκλο.²⁵

Κατηγορία	PMR (W / Kg)	Μέγιστη Ταχύτητα (km/h)	Φάσεις Ταχυτήτων
Class 3b	PMR > 34	v_max ≥ 120	Χαμηλή 3 + Μεσαία 3-2 + Υψηλή 3-2 + πολύ Υψηλή 3
Class 3a		v_max < 120	Χαμηλή 3 + Μεσαία 3-1 + Υψηλή 3-1 + πολύ Υψηλή 3
Class 2	34 ≥ PMR > 22		Χαμηλή 2 + Μεσαία 2 + Υψηλή 2 + πολύ Υψηλή 2
Class 1	PMR ≤ 22		Χαμηλή 1 + Μεσαία 1 + Χαμηλή 1

Πίνακας 15: Κατηγορίες οχημάτων σύμφωνα με την αναλογία ισχύος προς την μάζα (PMR).

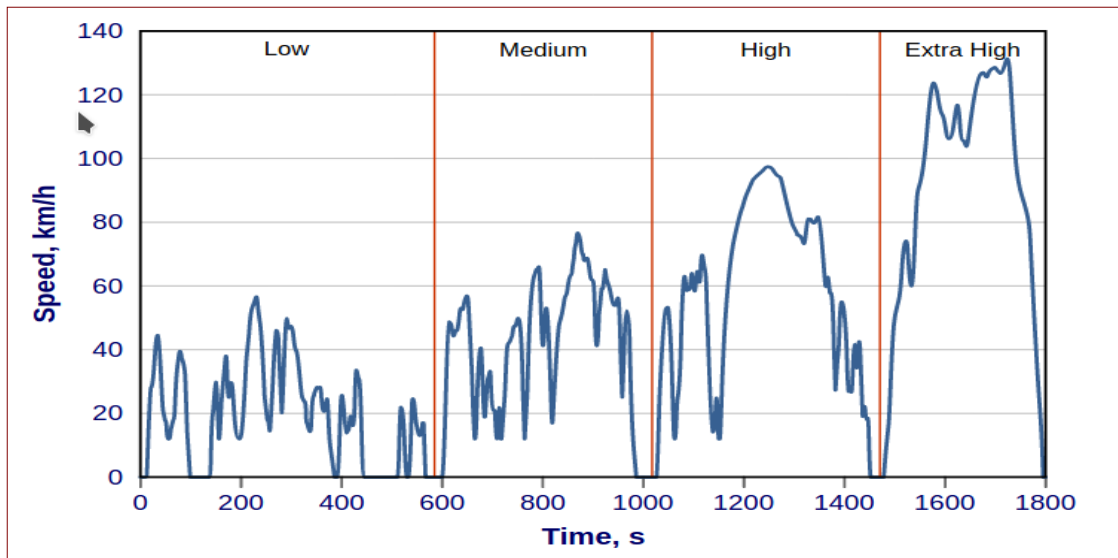
²⁵ Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Cycle (WLTP), <https://dieselnet.com/standards/cycles/wltp.php>

5.5.3.1 Κατηγορία WLTP - Class 3

Με την υψηλότερη αναλογία προς την μάζα, η κλάση 3 αντιπροσωπεύει τα οχήματα που κινούνται στην Ευρώπη και την Ιαπωνία. Τα οχήματα κατηγορίας 3 χωρίζονται σε 2 υποκατηγορίες σύμφωνα με την μέιστη ταχύτητά του, την κατηγορία 3a με $v_{max} < 120$ km/h και την κατηγορία 3b με $v_{max} \geq 120$ km/h. Οι επιλεγμένες παράμετροι των κύκλων της κλάσης 3 δίνονται στον παρακάτω πίνακα. Επίσης παρουσιάζεται και το διάγραμμα για τις κλάσεις 3a και 3b.²⁵

Φάση	Διάρκεια	Διάρκεια στάσης	Απόσταση	Ποσοστό στάσης	Μέγιστη Ταχύτητας	Μέση Ταχύτητα w/o stops	Μέση Ταχύτητα w/ stops	Επιβράδυνση	Επιτάχυνση
	sec	sec	m	(%)	km/h	km/h	km/h	m/s ²	m/s ²
Class 3b ($v_{max} \geq 120$ km/h)									
Χαμηλή 3	589	156	3095	26.5	56.5	25.7	18.9	-1.47	1.47
Μεσαία 3-2	433	48	4756	11.1	76.6	44.5	39.5	-1.49	1.57
Υψηλή 3-2	455	31	7162	6.8	97.4	60.8	56.7	-1.49	1.58
Πολύ Υψηλή 3	323	7	8254	2.2	131.3	94	92	-1.21	1.03
Σύνολο	1800	242	23266						
Class 3a ($v_{max} < 120$ km/h)									
Χαμηλή 3	589	156	3095	26.5	56.5	25.7	18.9	-1.47	1.47
Μεσαία 3-2	433	48	4721	11.1	76.6	44.1	39.3	-1.47	1.28
Υψηλή 3-2	455	31	7124	6.8	97.4	60.5	56.4	-1.49	1.58
Πολύ Υψηλή 3	323	7	8254	2.2	131.3	94	92	-1.21	1.03

Πίνακας 16: Χαρακτηριστικά κύκλου οχημάτων κλάσεων 3a και 3b του WLTP.



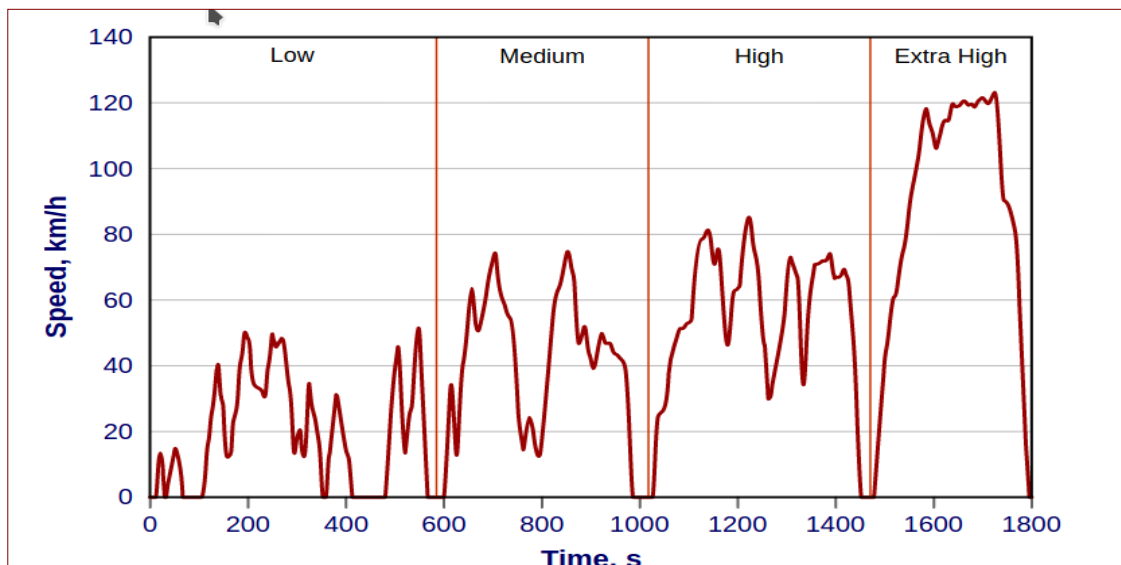
Σχήμα 27: Διάγραμμα κύκλου WLTP για οχήματα κατηγορίας 3a – 3b.

5.5.3.2 Κατηγορία WLTP - Class 2

Η κλάση 2 είναι αντιπροσωπευτική των οχημάτων που κινούνται στην Ινδία και των οχημάτων χαμηλής ισχύος που κυκλοφορούν στην Ιαπωνία και την Ευρώπη. Επιλεγμένες παράμετροι του κύκλου WLTP, οχημάτων κλάσης 2, δίνονται στον παρακάτω πίνακα και το αντιπροσωπευτικό προφίλ στο παρακάτω διάγραμμα.²⁵

Φάση	Διάρκεια	Διάρκεια στάσης	Απόσταση	Ποσοστό στάσης	Μέγιστη Ταχύτητας	Μέση Ταχύτητα w/o stops	Μέση Ταχύτητα w/ stops	Επιβράδυνση	Επιτάχυνση
	sec	sec	m	(%)	km/h	km/h	km/h	m/s ²	m/s ²
Χαμηλή 2	589	155	3101	26.3	51.4	25.7	19	-0.94	0.9
Μεσαία 2	433	48	4737	11.1	74.7	44.3	39.4	-0.93	0.96
Υψηλή 2	455	30	6792	6.6	85.2	57.5	53.7	-1.11	0.85
Πολύ Υψηλή 2	323	7	8019	2.2	123.1	91.4	89.4	-1.06	0.65

Πίνακας 17: Χαρακτηριστικά κύκλου οχημάτων κλάσης 2 του WLTP.



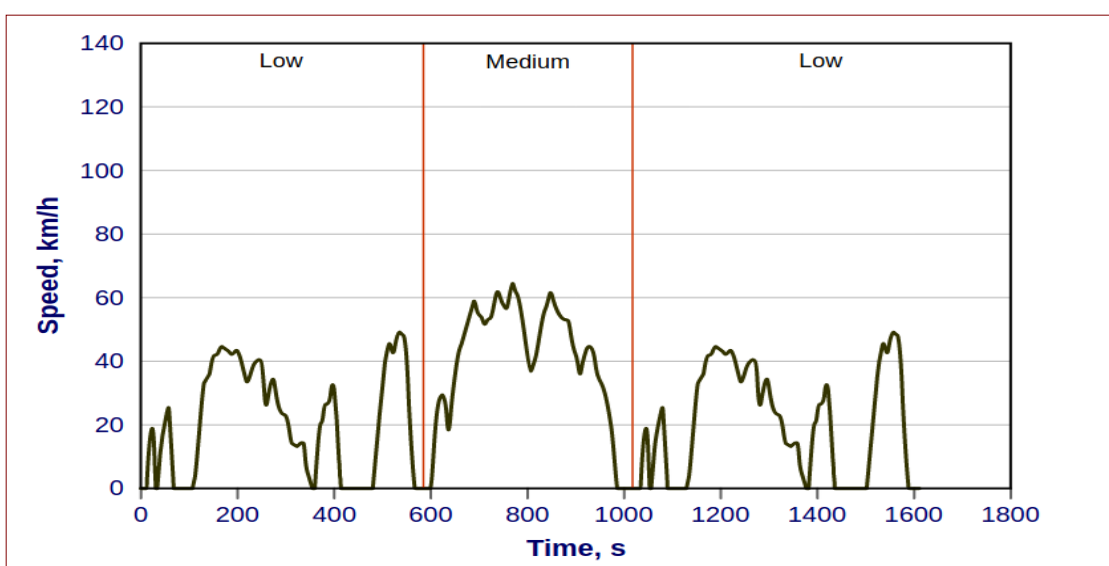
Σχήμα 28: Διάγραμμα κύκλου WLTP για οχήματα κατηγορίας 2.

5.5.3.3 Κατηγορία WLTP - Class 1

Με την χαμηλότερη αναλογία ισχύος προς την μάζα, η κλάση 1 είναι αντιπροσωπευτική των οχημάτων που οδηγούνται στην Ινδία. Επιλεγμένες παράμετροι του κύκλου κλάσης 1 δίνονται στον παρακάτω πίνακα και το αντιπροσωπευτικό προφίλ του κύκλου στο παρακάτω διάγραμμα.²⁵

Φάση	Διάρκεια	Διάρκεια στάσης	Απόσταση	Ποσοστό στάσης	Μέγιστη Ταχύτητα	Μέση Ταχύτητα w/o stops	Μέση Ταχύτητα w/ stops	Επιβράδυνση	Επιτάχυνση
	sec	sec	m	(%)	km/h	km/h	km/h	m/s ²	m/s ²
Χαμηλή 1	589	154	3330	26.1	49.1	27.6	20.4	-1	0.76
Μεσαία 1	433	48	4767	11.1	64.4	44.6	39.6	-0.53	0.63
Χαμηλή 1	154	3330	26.1	26.1	49.1	27.6	20.4	-1	0.76

Πίνακας 18: Χαρακτηριστικά κύκλου οχημάτων κλάσης 1 του WLTP.



Σχήμα 29: Διάγραμμα κύκλου WLTP για οχήματα κατηγορίας 1.

5.5.4 Τροποποιήσεις κύκλων

Για ορισμένα οχήματα ενδέχεται να μην είναι δυνατή η παρακολούθηση των απαιτήσεων ταχύτητας / χρόνου του κύκλου. Οι λόγοι για αυτό είναι ότι τα οχήματα με αναλογίες ισχύος προς μάζα κοντά στις οριακές γραμμές μεταξύ των οχημάτων της κλάσης 2 και της κλάσης 3 ή των οχημάτων πολύ χαμηλής ισχύος κλάσης 1 ενδέχεται να μην είναι σε θέση να επιτύχουν τις επιτάχυνσης που απαιτούνται για τη διατήρηση της ταχύτητας του κύκλου. Σε αυτές τις περιπτώσεις μπορεί να εφαρμοστεί μια διαδικασία downscaling για να μειωθούν οι μέγιστοι ρυθμοί επιτάχυνσης και να βελτιωθεί η οδηγική ικανότητα. Η συνέπεια αυτής της διαδικασίας είναι η μείωση των μέγιστων στροφών του κύκλου.²⁵

Ορισμένα οχήματα ενδέχεται να έχουν μέγιστη ταχύτητα που περιορίζεται σε μια τιμή χαμηλότερη από τη μέγιστη ταχύτητα του κύκλου υποβάθμισης. Σε αυτές τις περιπτώσεις το όχημα οδηγείται με τη μέγιστη ταχύτητα σε εκείνες τις περιόδους κύκλου όπου η ταχύτητα του κύκλου είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη ταχύτητα του οχήματος. Ένα παράδειγμα των οχημάτων για τα οποία ισχύει αυτό είναι τα οχήματα της κλάσης 3α κατά τη διάρκεια της εξαιρετικά υψηλής 3 φάσης.

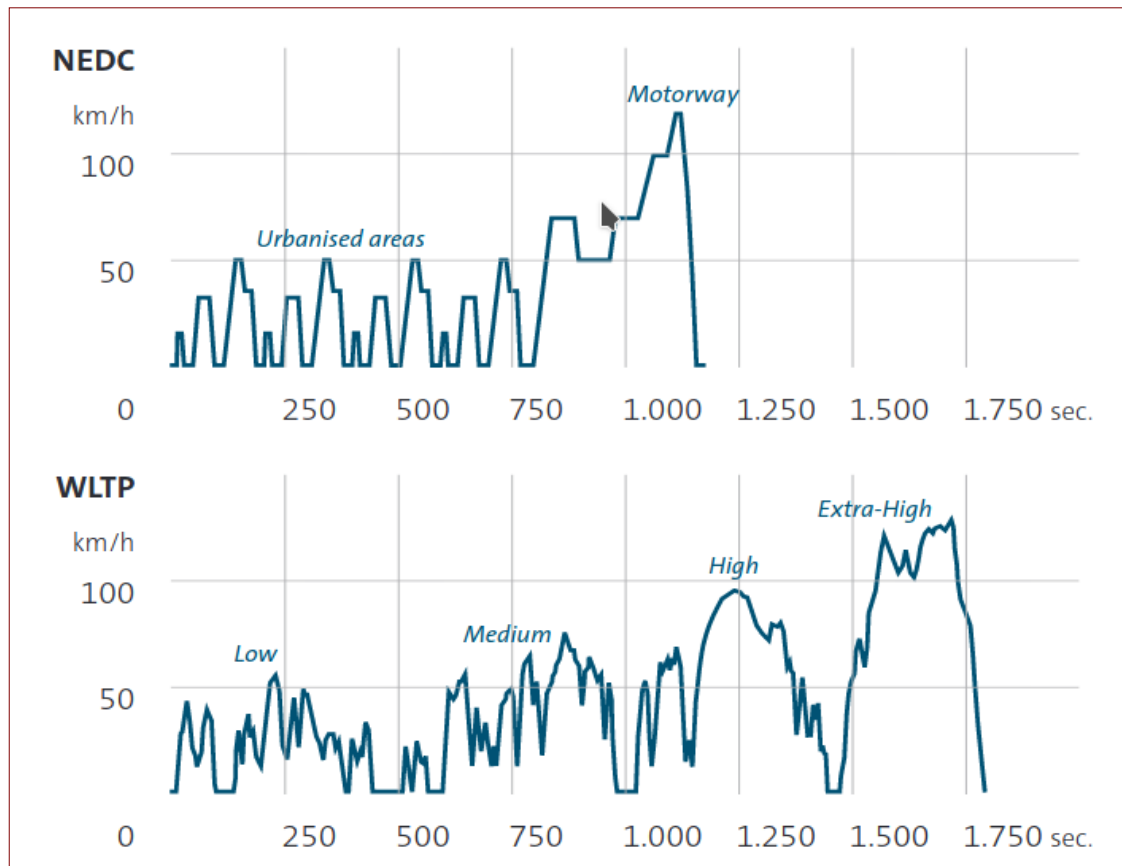
Ορισμένα οχήματα ενδέχεται να μην είναι σε θέση να ακολουθήσουν το ίχνος ταχύτητας του κύκλου μείωσης σε κλίμακα ενός της απαιτούμενης ανοχής για συγκεκριμένες περιόδους. Σε αυτές τις περιπτώσεις, το όχημα οδηγείται με το πλήκτρο ενεργοποίησης του πεντάλ του γκαζιού πλήρως

ενεργοποιημένο κατά τη διάρκεια αυτών των περιόδων. Σε αυτές τις περιπτώσεις επιτρέπονται οι παραβιάσεις των σταθερών των κύκλων.²⁵

5.6 Σύγκριση του Κύκλου NEDC με τον κύκλο WLTP

Ο κύκλος WLTP μπορεί να συγκριθεί με τον κύκλο NEDC ο οποίος χρησιμοποιείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση από το 1997. Και με τις δυο μεθόδους, υπάρχει η δυνατότητα της ανάλυσης των δεδομένων σύμφωνα με τα αντιπροσωπευτικά προφίλ, σε εργαστηριακές δυναμομετρικές εξέδρες. Σε σχέση με τον NEDC, οι οριακές συνθήκες και οι προδιαγραφές για τον WLTP είναι αυστηρότερες. Οι συντελεστές που αποτελούν τον WLTP και τον διαφοροποιούν σε σύγκριση με τον NEDC είναι :²⁶

- Ταχύτητα : Η ταχύτητα στον κύκλο WLTP, βρίσκεται υπό το πρότυπο των, χαμηλών, μεσαίων, μεγάλων και πολύ μεγάλων ταχυτήτων.
- Δυναμική : Ο κύκλος WLTP περιλαμβάνει σημαντικά περισσότερες διαδικασίες επιτάχυνσης και πέδησης. Η διαδρομή με σταθερή ταχύτητα, όπως βρίσκεται στον κύκλο NEDC, πραγματοποιείται μόνο για λίγα δευτερόλεπτα.
- Εξοπλισμός οχημάτων : Ειδικός εξοπλισμός όπως ο κλιματισμός και η βοηθητική θέρμανση παραμένουν απενεργοποιημένοι και στον NEDC και στον WLTP. Όμως θα μπορούσαν να επηρεάσουν το αποτέλεσμα του κύκλου WLTP λόγω του βάρους τους.



Σχήμα 30: Διάγραμμα σύγκρισης κύκλου NEDC με τον κύκλο WLTP.

²⁶Volkswagen, Aktiengesellschaft – A new standard, An overview of WLTP for passenger cars and light commercial vehicles - https://www.volkswagenag.com/presence/konzern/group-fleet/dokumente/wltp/GFI_WTLP_Broschuere_EN_A_New_Standard_WEB.pdf

Χαρακτηριστικά	Μονάδες	NEDC	WLTP
Θερμοκρασία Εκκίνησης		Ψυχρή	Ψυχρή
Διάρκεια	(sec)	1180	1800
Ποσοστό στάσης	(%)	25	13
Απόσταση	(km)	10.96	23.27
Φάσεις		2 φάσεις: Αστική Οδήγηση & Οδήγηση μακρυνων αποστάσεων	4 φάσεις: Χαμηλή, Μεσαία, Υψηλή, πολύ Υψηλή Ταχύτητα.
Ταχύτητα	(km/h)	Μέση: 34 Μέγιστη : 120	Μέση 47 Μέγιστη 131
Επιτάχυνση	(m/s ²)	Μέση : 0.50 Μέγιστη : 1.04	Μέση : 0.39 Μέγιστη 1.58
Πρόσθετα		Δεν περιλαμβάνονται	Ειδικός εξοπλισμός μετρήσεων

Πίνακας 19: Χαρακτηριστικά σύγκρισης του κύκλου NEDC με τον κύκλο WLTP.

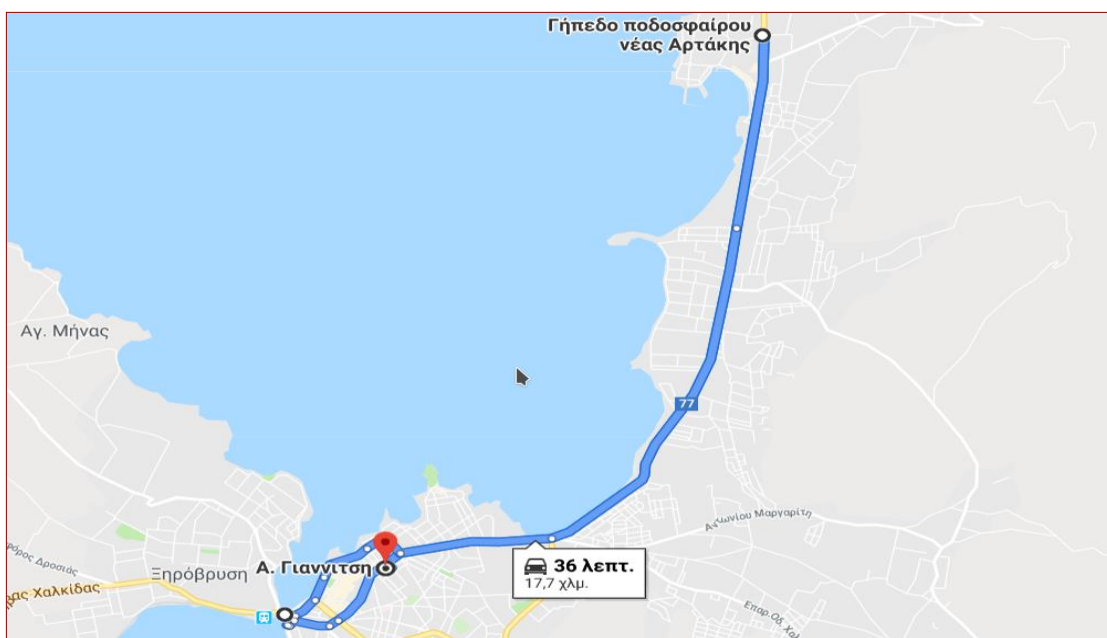
Για την εφαρμογή του νέου κύκλου WLTP, από την Ε.Ε, τα επιβατικά αυτοκίνητα και τα ελαφρά επαγγελματικά οχήματα υπόκεινται σε διαφορετικές προθεσμίες. Η πρώτη προθεσμία για τα επιβατικά αυτοκίνητα θα είναι η 1 Σεπτεμβρίου του 2017. Από αυτή την ημερομηνία η έγκριση τύπου απαιτεί τις τιμές της κατανάλωση και τις τιμές των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα να προκύπτουν από τον WLTP. Την 1η Σεπτεμβρίου του 2018 το WLTP εφαρμόζεται σε όλα τα νέα οχήματα – και για τα τρέχοντα μοντέλα που έλαβαν τύπου ar-pronai με βάση τον κύκλο NEDC. Ως αποτέλεσμα οι κατασκευαστές πρέπει να επισημάνουν αυτά τα οχήματα με τιμές από τον κύκλο WLTP.²⁶

Όσον αφορά τα ελαφρά επαγγελματικά οχήματα, οι προθεσμίες είναι λίγο πιο γενναιόδωρος. Από την 1η Σεπτεμβρίου του 2017 το WLTP εφαρμόστηκε μόνο στα νέο-αναπτυσσόμενα οχήματα κατηγορίας N1 κλάσης I, δηλαδή τα μοντέλα με μάζα αναφοράς μικρότερη από 1305kg. Από την 1η Σεπτεμβρίου του 2018 ο κύκλος WLTP ισχύει για όλες τις νέες ταξινομήσεις στην κατηγορία N1 κλάσης I. Η μάζα αναφοράς αποτελείται από την άδεια μάζα ενός οχήματος συν 75kg για τον οδηγό, 100% για τα υγρά λειτουργίας, 90% γέμισμα στο ντεπόζιτο και ακόμα 25kg. Από την 1η Σεπτεμβρίου του 2018 οι κατασκευαστές πρέπει να παράσχουν τιμές σύμφωνα με τον WLTP για τα νεοαποκτηθέντα ελαφρά επαγγελματικά οχήματα κατηγορίας N1 και κλάσης II και III. Από την 1η Σεπτεμβρίου του 2019, αυτό ισχύει για όλα τα μοντέλα στον τομέα των επαγγελματικών οχημάτων.²⁶

6 Πειραματικό Μέρος

6.1 Εισαγωγή

Στο πειραματικό μέρος της εργασίας πραγματοποιηθήκαν μετρήσεις από διαδρομές στην πόλη της Χαλκίδας, του νομού Ευβοίας. Με τις μετρήσεις από τις κεντρικές οδικές αρτηρίες της πόλης, δημιουργήθηκαν δεδομένα με σκοπό την καταγραφή της κατάστασης της κίνησης στην πόλη. Η διαδρομή που επιλέχθηκε ξεκινάει από κεντρική οδό της πόλης της Χαλκίδας, συνεχίζει μέχρι την γειτονική πόλη Αρτάκη και τερματίζει στο ίδιο σημείο που ξεκίνησε λαμβάνοντας υπόψιν βέβαια και την κίνηση μέσα στο κέντρο της Χαλκίδας. Η διαδρομή αυτή, αποτελεί συχνό πέρασμα για κάποιον κάτοικο της περιοχής, αυτό διότι στην πορεία της εδρεύουν επιχειρήσεις ή μικρότερα μαγαζιά. Επίσης, θα μπορούσε να αναφέρει κανείς ότι το πέρασμα αυτό είναι η ένωση της Βόρειας και Κεντρικής Εύβοιας με την πόλη της Χαλκίδας και κατ' επέκταση την Αττική και την Αθήνα. Ωστόσο, μέρος παίρνουν και κάποια σχολεία ή φροντιστήρια των δυο πόλεων. Το πείραμα λαμβάνει υπόψη, πρωινές και απογευματινές μετρήσεις. Οι πρωινές μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στις 11:00 πμ ενώ οι απογευματινές στις 18:30 μμ.



Εικόνα 11: Διαδρομή για την λήψη δεδομένων κατά την διάρκεια του πειράματος.

Η απόσταση της διαδρομής είναι περίπου 18km, για την οποία θα αναλύσουμε δεδομένα όπως είναι ο χρόνος που χρειάστηκε για μια ολοκληρωμένη βόλτα, τα ποσοστά στάσης ανά ημέρα, πόσο καύσιμο καταναλώθηκε κ.α. Το όχημα με το οποίο πραγματοποιήθηκε το πείραμα είναι το Fiat Pundo Eno μοντέλο του 2011, για το οποίο θα γίνει αναφορά σε παρακάτω κεφάλαιο. Επίσης, η συσκευή OBD 2 σε συνεργασία με το λογισμικό Torque Pro, κατείχαν τον σημαντικότερο ρόλο του πειράματος. Πιο αναλυτικά στοιχεία για την συσκευή και το λογισμικό που συνέβαλαν στην λήψη των δεδομένων θα δοθούν σε παρακάτω κεφάλαιο.

6.2 Εργαλεία λήψης δεδομένων

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, για την διαδικασία λήψης των δεδομένων χρειάστηκε η συσκευή OBD 2, το λογισμικό Torque Pro, καθώς και το πειραματικό όχημα Fiat Pundo Evo μοντέλο του 2011. Στο κεφάλαιο αυτό, θα παρουσιαστούν αναλυτικά τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την ολοκλήρωση των μετρήσεων.

6.2.1 Όχημα

Το Fiat Pundo Evo, αυτοκίνητο Ιταλικής προέλευσης με κινητήρα άμεσου ψεκασμού, μοντέλο του 2011 είναι το όχημα με το οποίο πραγματοποιήθηκε το πείραμα. Το Pundo είναι μοντέλο τρίτης γενιάς, με κινητήρα DIESEL, όχημα κατάλληλο για τις πόλεις καθώς ακολουθεί το ευρωπαϊκό πρότυπο Euro 5, στο οποίο όπως αναφέρθηκε το μονοξείδιο του άνθρακα παίρνει την τιμή 0.50 g/km, οι υδρογονάνθρακες την τιμή 0.23 g/km, τα οξείδια του αζώτου 0.18 g/km και τέλος τα αιωρούμενα σωματίδια την τιμή 0.005 g/km, και περιέχει σύστημα Start & Stop με το οποίο το όχημα σβήνει αυτόματα όταν είναι σταματημένο και πατώντας τον συμπλέκτη ανάβει, το σύστημα αυτό μειώνει πολύ τους ρύπους που παράγει το αυτοκίνητο όταν αυτό βρίσκεται μέσα σε μια κυκλοφοριακή κίνηση.



Εικόνα 12: Όχημα που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα (Fiat Pundo Evo).

Οι κύλινδροι του, βρίσκονται στα 1300 cm³, πιο συγκεκριμένα 1248 cm³, με 74 ίππους η μέγιστη δύναμή του. Το κιβώτιο ταχυτήτων, έχει 6 ταχύτητες συμπεριλαμβανομένης της όπισθεν. Ο χώρος αποθήκευσης του καυσίμου είναι 45 λίτρα, ενώ η μέγιστη ταχύτητά του είναι 165 km/h. Επίσης, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα έχουν την τιμή 123 g / km βάση του Ευρωπαϊκού κύκλου NEDC.³⁰

6.2.2 Συσκευή συλλογής δεδομένων – OBD 2

Το ELM 327 που παρουσιάζεται στην παρακάτω φωτογραφία είναι ένα εργαλείο με το οποίο πραγματοποιείται ένας διαγνωστικός έλεγχος ενός αυτοκινήτου. Υποστηρίζει OBD 2 πρωτοκολλά επικοινωνίας με τον εγκέφαλο του οχήματος. Μέχρι σήμερα, τα διαγνωστικά συστήματα αυτοκινήτων είχαν χαρακτηριστικά του κάθε κατασκευαστή και η σχεδίαση τους ήταν τέτοια ώστε να δύναται να έχει πρόσβαση σε αυτά μόνο κάποιος από το προσωπικό εξουσιοδοτημένων συνεργείων.



Εικόνα 13: Συσσκευή λήψης δεδομένων (ELM 327 – OBD 2).

Το καθεστώς αυτό αλλάζει με την εισαγωγή του τυποποιημένου συστήματος OBD 2, το οποίο μάλιστα αποτελεί και Ευρωπαϊκό πρότυπο (EOBD) για όλα τα νέα μοντέλα αυτοκινήτων. Το σύστημα αυτό καλείται στα Ελληνικά “Διάγνωση επί του οχήματος ή στα Αγγλικά “ On Board Diagnosis “.

Το ELM 327, το οποίο βασίζεται στο πρότυπο του OBD 2, χρησιμοποιήθηκε για την λήψη των δεδομένων κατά την διάρκεια του πειράματος. Συνδέεται συνήθως σε μια αντίστοιχη υποδοχή κάτω από το τιμόνι του αυτοκινήτου. Στην συνέχεια, πραγματοποιείται σύνδεση με την βοήθεια Bluetooth ή WI-FI, στο επιθυμητό λογισμικό διάγνωσης και στην συνέχεια ακολουθεί η διάγνωση ή η λήψη των επιθυμητών δεδομένων. Το λογισμικό στο οποίο συνδέθηκε η συσκευή ELM 327, με πρωτόκολλο επικοινωνίας OBD 2 ονομάζεται Torque Pro, το οποίο θα παρουσιαστεί στις επόμενες σελίδες.

6.2.3 Λογισμικό συλλογής δεδομένων

Χρησιμοποιώντας την συσκευή διάγνωσης – συλλογής δεδομένων, σε συνδυασμό με το λογισμικό Torque Pro, το οποίο παρέχεται ως εφαρμογή για τα smartphones που κυκλοφορούν είτε από το Google Play, είτε από το App Store της Apple, πραγματοποιήθηκε η συλλογή δεδομένων που αφορούν την κίνηση στις οδικές αρτηρίες στην πόλη της Χαλκίδας. Το Torque είναι ένα λογισμικό το οποίο χρησιμοποιείτε για την διάγνωση βλαβών στο αυτοκίνητο και όχι μόνο. Όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με μια συσκευή διάγνωση OBD 2, συνδεδεμένο με Bluetooth ή WIFI, μπορεί να επικοινωνήσει με τους αισθητήρες που υπάρχουν στον κινητήρα του οχήματος, τους αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση της μετάδοσης της κίνησης, με αισθητήρες για όλα τα ηλεκτρικά του οχήματος ακόμα και το ABS, τους αισθητήρες των τροχών, του αερόσακου, των ρύπων κ.α.



Εικόνα 14: Λογισμικό Torque Pro.

Το λογισμικό, είναι μια εφαρμογή Android ή iOS, αυτό δίνει την δυνατότητα να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από οποιοδήποτε smartphone, και να δώσει ποικίλες πληροφορίες για τον εγκέφαλο του αυτοκινήτου, στο οποίο είναι συνδεδεμένο, καθώς και κωδικούς πιθανών βλαβών που έχει το όχημα. Με τον κωδικό της βλάβης, μπορεί ο χρήστης να επισκεφτεί κάποιο συνεργείο και να διορθωθεί. Το λογισμικό αυτό, συνδυάζει τις τεχνολογίες GPS με αποτέλεσμα την δυνατότητα ανάγνωσης πληροφοριών που αφορούν την επιτάχυνση, την επιβράδυνση και όλες τις διαδικασίες της οδήγησης του οχήματος.



Εικόνα 15: Δυνατότητες Λογισμικού Torque Pro.

Επίσης, με την κατάλληλη επεξεργασία των δεδομένων, ο χρήστης έχει την δυνατότητα να παρακολουθήσει το όχημα, ως προς τις καταναλώσεις καυσίμων σε αυτό, πόσο κοστίζει να κάνει μια συγκεκριμένη διαδρομή, να υπολογίσει με ακρίβεια τους ρύπους που παράγει και να έχει την δυνατότητα να πάσα στιγμή να γνωρίζει σε τι κατάσταση είναι το όχημα του.

Πιο απλά, η συσκευή διάγνωσης και το λογισμικό διάγνωσης Torque Pro, δίνουν την δυνατότητα της παρακολούθησης του οχήματος, παράγοντας δεδομένα ακόμη και κατά την διάρκεια της οδήγησης με αποτέλεσμα ο χρήστης να είναι σε θέση να κατανοήσει το όχημα, τυχόν βλάβες του και να μειώσει το κόστος συντήρησης αυτού. Το Torque Pro, σχεδιάστηκε με σκοπό να λειτουργεί με οποιοδήποτε όχημα έχει την δυνατότητα να επικοινωνήσει με πρωτοκολλά επικοινωνίας OBD2. Σχεδόν όλα τα οχήματα μετά από το 2000 έχουν εγκατεστημένα τέτοια πρωτοκολλά επικοινωνίας, καθώς και ένας αριθμός οχημάτων που η παραγωγή τους πήρε μέρος το 1996.

6.3 Διαδικασία λήψης δεδομένων

Η διαδικασία λήψης δεδομένων είναι σχετικά απλή, συνοπτικά τοποθετείται το όχημα στο σημείο έναρξης, στην συνέχεια συνδέεται η συσκευή διάγνωσης ELM 327 στην OBD 2 θύρα του αυτοκινήτου, πραγματοποιείται σύνδεση με Bluetooth μεταξύ της συσκευής διάγνωσης και του λογισμικού Torque Pro, ορίζονται τα στοιχεία που προορίζονται για καταγραφή και τέλος, με ενεργοποιημένο το σύστημα GPS στο smartphone ξεκινάμε την διαδρομή. Για την σωστή λήψη των δεδομένων το κινητό τοποθετείται σε συγκεκριμένη θέση κάθε φορά που ξεκινάει μια διαδρομή διότι υπάρχει η δυνατότητα καταγραφής του οδοστρώματος. Όταν η διαδρομή λήξη, είναι σημαντικό να κλείσουμε την λειτουργία της καταγραφής. Πιο αναλυτικά η διαδικασία θα παρουσιαστεί παρακάτω.

6.3.1 Ρυθμίσεις του λογισμικού

Εφόσον, έχει τοποθετηθεί η συσκευή διάγνωσης ELM 327 στην θύρα OBD 2 του οχήματος με το οποίο θα πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις και έχει συνδεθεί επιτυχώς με το λογισμικό με την βοήθεια της χρήσης του Bluetooth, ο χρήστης είναι σε θέση να πραγματοποιήσει τις βασικές ρυθμίσεις που χρειάζονται για να ξεκινήσει η μέτρηση. Αρχικά είναι σημαντικό να ελεγχθεί από τα εικονίδια τις εφαρμογές η επιτυχής σύνδεση με το Bluetooth, το GPS και τον εγκέφαλο του οχήματος. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει σωστή σύνδεση τα δεδομένα δεν θα καταγραφούν.

Στην συνέχεια ο χρήστης, προτρέπει στην επιλογή "Settings" κάτω αριστερά ώστε να δημιουργήσει ένα νέο προφίλ μετρήσεων επιλέγοντας "Vehicle Profile" και έπειτα "Create New Profile". Αφού πραγματοποιηθούν οι παραπάνω επιλογές, στην οθόνη εμφανίζεται μια φόρμα εισαγωγής πληροφοριών. Ο χρήστης χρειάζεται να επιλέξει τον τύπο του οχήματος "Vehicle Type", όπως για παράδειγμα "Cabriolet" ή "Pickup". Έπειτα, θα εισάγεται η χωρητικότητα των λίτρων του χώρου όπου αποθηκεύεται το καύσιμο στο αυτοκίνητο "Engine Displacement in Litre". Στην συνέχεια εισάγεται το συνολικό βάρος του αυτοκινήτου, συμπεριλαμβανομένου του οδηγού, των καυσίμων κ.α "Total Vehicle Weight, including driver, fuel etc". Στην επιλογή "Fuel Type" επιλέγεται ο τύπος του καυσίμου, έπειτα την χωρητικότητα των λίτρων "Fuel Tank Capacity", τις μέγιστες στροφές ανά λεπτό του αυτοκινήτου "Max dial RPM" και τέλος την τιμή του καυσίμου "Fuel Cost".

6.3.2 Δεδομένα καταγραφής

Αφού δημιουργηθεί το προφίλ του οχήματος με τα απαραίτητα στοιχεία, ο χρήστης συνεχίζει στην επιλογή καταγραφής δεδομένων. Στην επιλογή "Settings" με την επιλογή "Data Logging & Upload", παρουσιάζονται οι ρυθμίσεις που αφορούν τα δεδομένα τα οποία προορίζονται για καταγραφή. Στο "Logging Preferences" επιλέγεται "Select what to log" και στην συνέχεια τα επιθυμητά δεδομένα.

Σε αυτό το σημείο του λογισμικού, υπάρχει ένα πλήθος επιλογών δεδομένων μερικά από αυτά είναι το φορτίο του κινητήρα, οι στροφές του κινητήρα, εκπομπές ρύπων CO₂, η ταχύτητα, η απόσταση της

διαδρομής, η ροπή. Λόγω του αριθμού των δεδομένων που είναι διαθέσιμα στο λογισμικό είναι δύσκολο να παρουσιαστούν όλα αναλυτικά. Στο παρακάτω κεφάλαιο, θα παρουσιαστούν όλα όσα δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν για το πείραμα καθώς και τις συγκεκριμένες ρυθμίσεις για το προφίλ του οχήματος.

6.3.3 Πειραματικά Δεδομένα και Ρυθμίσεις

Όπως εξηγήθηκε παραπάνω, για το ξεκίνημα της καταγραφής των μετρήσεων, χρειάστηκαν συγκεκριμένες ρυθμίσεις για το προφίλ του αυτοκινήτου, καθώς και την επιλογή των επιθυμητών δεδομένων καταγραφής. Οι ρυθμίσεις για το προφίλ του οχήματος, παρουσιάζονται παρακάτω:

Vehicle Profile	Fiat Pundo Evo 2011
Vehicle Type	Hatchback
Engine displacement (Lt)	1.25
Total Vehicle Weight (Kg)	1198
Fuel Type	DIESEL
Fuel Tank Capacity (Lt)	45
Max dial (rpm)	7000
Max Speed from factory (km/h)	155
Fuel Cost (€)	1.4

Πίνακας 20: Ρυθμίσεις προφίλ στο λογισμικό.

Αφού καταχωρηθούν τα σωστά στοιχεία στο προφίλ του οχήματος, συνέχεια έχει η επιλογή των επιθυμητών δεδομένων καταγραφής. Τα δεδομένα αυτά, στο τέλος της κάθε διαδρομής αποθηκεύονται στην μνήμη του κινητού τηλεφώνου σε μορφή .xlsx τα οποία μπορούν εύκολα να επεξεργαστούν με την βοήθεια του προγράμματος Excel. Τα δεδομένα αυτά παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Δεδομένα Καταγραφής	
Accelerator PedalPosition F	Αισθητήρας γκαζιού
Actual Engine Torque (%)	Πραγματική ροπή κινητήρα (%)
Average trip speed (whilst moving only)	Μέση ταχύτητα διαδρομής (μόνο κίνηση)
Cost per mile / km (trip)	Κόστος ανά χιλιόμετρο
CO ₂ (g / km) (Average)	Μέσος όρος CO ₂
Engine Load	Φορτίο κινητήρα
Engine RPM	Στροφές κινητήρα
Fuel cost (trip)	Κόστος καυσίμου
Fuel flow (rate / minute)	Ροή καυσίμου
GPS Accuracy	Ακρίβεια GPS
GPS vs OBD Speed difference	GPS vs OBD διαφορά ταχύτητας
Horsepower (At the wheels)	Ιπποδύναμη (στους τροχούς)
Percentage of City driving	Ποσοστό οδήγησης σε πόλη
Percentage of Highway driving	Ποσοστό οδήγησης σε αυτοκινητόδρομο
Percentage of Idle driving	Ποσοστό στάσης
Relative Accelerator Pedal Position	Σχετική θέση αισθητήρα γκαζιού
Speed (GPS)	Ταχύτητα (GPS)
Speed (OBD)	Ταχύτητα (OBD)
Torque (Nm)	Ροπή (Nm)
Trip Distance	Απόσταση διαδρομής
Trip Time (Since journey start)	Διάρκεια διαδρομής

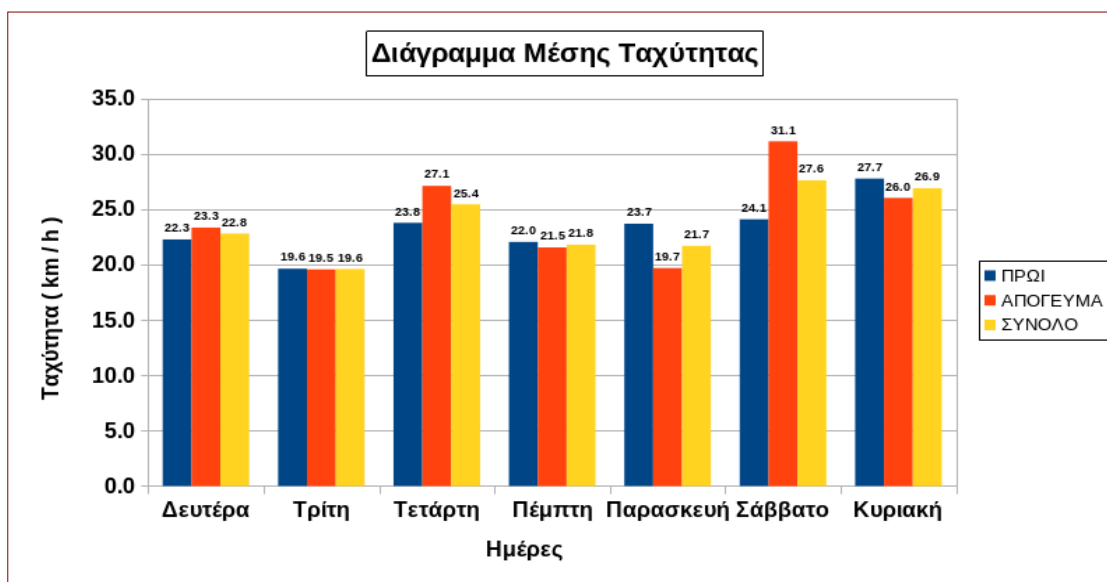
Πίνακας 21: Δεδομένα προς μέτρηση κατά την διάρκεια του πειράματος.

6.4 Αποτελέσματα Πειράματος

Αφού καταχωρήθηκαν οι απαιτούμενες ρυθμίσεις στο λογισμικό Torque Pro, συλλέχθηκαν όλα τα δεδομένα από τις διαδρομές, στην συνέχεια μέρος παίρνει η ανάλυση τους. Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε στο υπολογιστικό πρόγραμμα Excel. Από την επεξεργασία τους δημιουργήθηκαν γραφικές παραστάσεις που απεικονίζουν την κυκλοφοριακή κατάσταση ανά ημέρα, των κεντρικών οδικών αρτηριών από το κέντρο της πόλης της Χαλκίδας, μέχρι το γήπεδο της πόλης της Αρτάκης και πίσω.

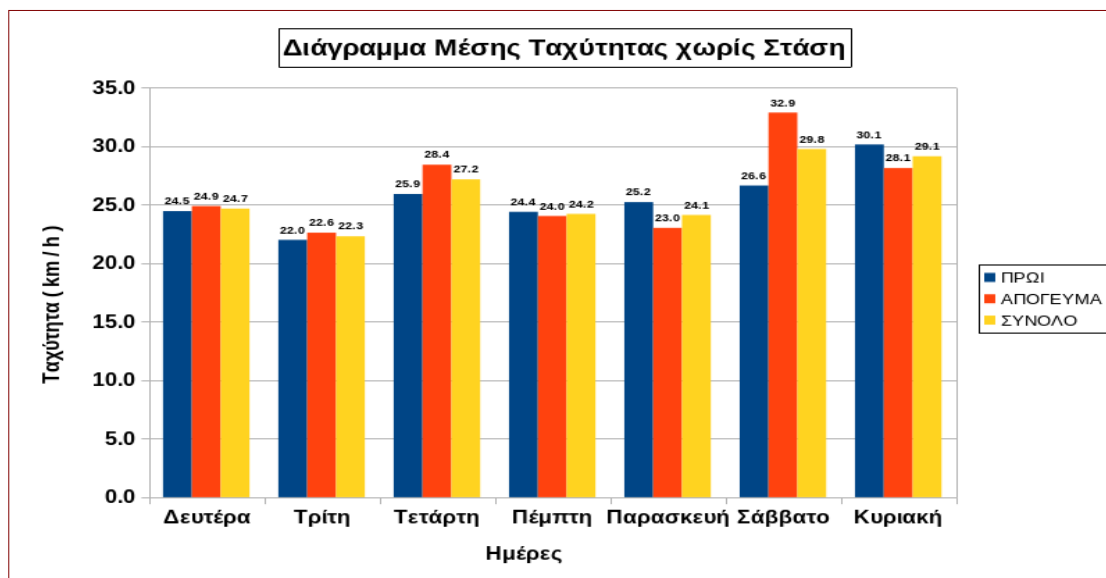
6.4.1 Μέσες τιμές Πειράματος

Στις γραφικές παραστάσεις που θα παρουσιαστούν παρακάτω, υπολογίστηκαν στοιχεία όπως είναι η μέση ταχύτητα, η μέση ταχύτητα χωρίς στάσεις, η επιτάχυνση, η επιβράδυνση καθώς και το ποσοστό της στάσης. Υπολογίζοντας τις μέσες τιμές από τα δεδομένα που λήφθηκαν καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος παράγεται σαν αποτέλεσμα η αντιπροσωπευτική διαδρομή, δηλαδή η διαδρομή που οι μέσες τιμές των δεδομένων της τείνουν ή ισούνται με τις μέσες τιμές ολοκληρου του πειράματος.



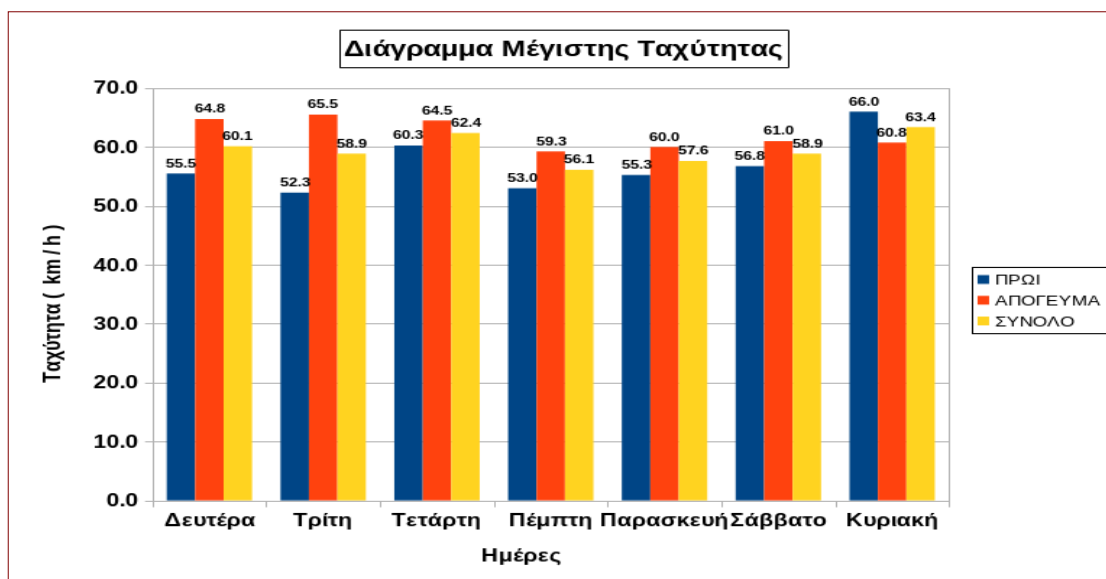
Σχήμα 31: Διάγραμμα Μέσης Ταχύτητας Πρωί – Απόγευμα – Μέσος Όρος.

Στο **Σχήμα 31**, παρουσιάζονται οι τιμές την Μέσης ταχύτητας ανά ημέρα, κάθε πρωί και απόγευμα ξεχωριστά καθώς και ο μέσος όρος τους. Στο συγκεκριμένο διάγραμμα θα δοθεί βάση στο σύνολο των τιμών. Παρατηρείται ότι ο μέσος όρος της ταχύτητας δεν ξεπερνά τα 27 km/h τις εργάσιμες ημέρες, ενώ το Σαββατοκύριακο ο μέσος όρος των ταχυτήτων είναι υψηλότερος. Αξίζει να σημειωθεί ότι η μεγαλύτερη μέση τιμή των ταχυτήτων βρίσκεται το Σάββατο απόγευμα ενώ οι χαμηλότερες την Τρίτη και την Παρασκευή το πρωί. Επίσης, παρατηρείται το μοτίβο χαμηλότερων ταχυτήτων τις ημέρες Τρίτη, Πέμπτη και Παρασκευή όσο το πρωί τόσο και το απόγευμα διότι είναι οι μέρες στις οποίες τα καταστήματα της περιοχής είναι ανοιχτά.



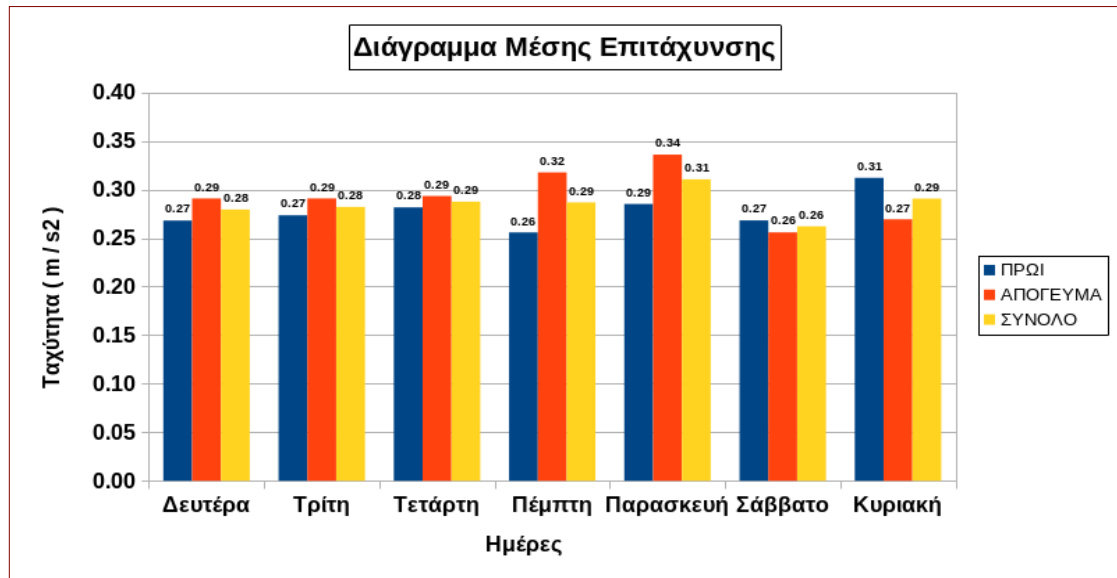
Σχήμα 32: Διάγραμμα Μέσης Ταχύτητας (Χωρίς Στάση) Πρωί – Απόγευμα – Μέσος Όρος.

Στο **Σχήμα 32**, γραφική παράσταση των μέσων τιμών των ταχυτήτων χωρίς στάση, είναι φανερό ότι οι τιμές είναι ελαφρώς αυξημένες αφού παρουσιάζεται η ταχύτητα του οχήματος συνεχώς σε κίνηση. Το διάγραμμα αυτό είναι σχεδόν πανομοιότυπο με το προηγούμενο.



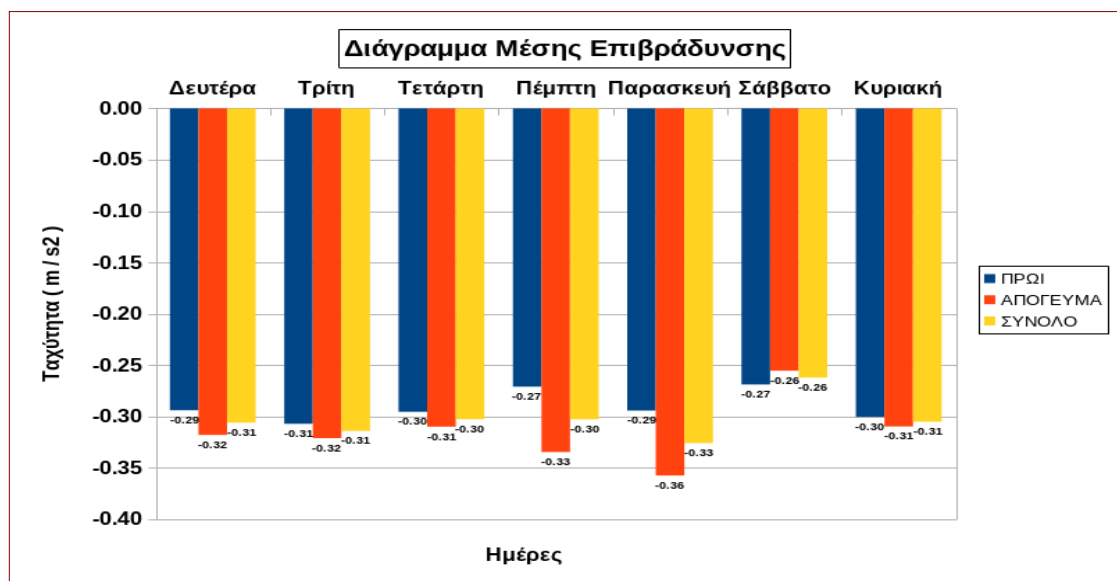
Σχήμα 33: Διάγραμμα Μέγιστης Ταχύτητας Πρωί – Απόγευμα – Μέσος Όρος.

Όπως παρατηρείται στο **Σχήμα 33**, γραφική παράσταση για τις μέγιστες ταχύτητες, είναι προφανές ότι τα πρωινά υπάρχει χαμηλότερη ταχύτητα κίνησης σε σχέση με το απόγευμα. Βέβαια όπως θα αναφερθεί παρακάτω, λόγω ιδιοτροπίας της διαδρομής το απόγευμα σε κάποιες μέρες υπάρχει μεγαλύτερο ποσοστό στάσης σε σχέση με το πρωί. Στο διάγραμμα αυτό, μπορεί κάποιος να διακρίνει ότι η μέγιστη ταχύτητα της εβδομάδος υπάρχει την Κυριακή το πρωί ενώ η χαμηλότερη την Τρίτη στις πρωινές ώρες. Βέβαια, οι ταχύτητες όλης της εβδομάδας δεν έχουν πολύ μεγάλη απόκλιση μεταξύ τους, αιτία αυτού είναι η ιδιοτροπία της διαδρομής συγκεκριμένα στην περιοχή Εξω Παναγίτσα στην οποία ο δρόμος είναι ελαφρώς πιο ανοιχτός.

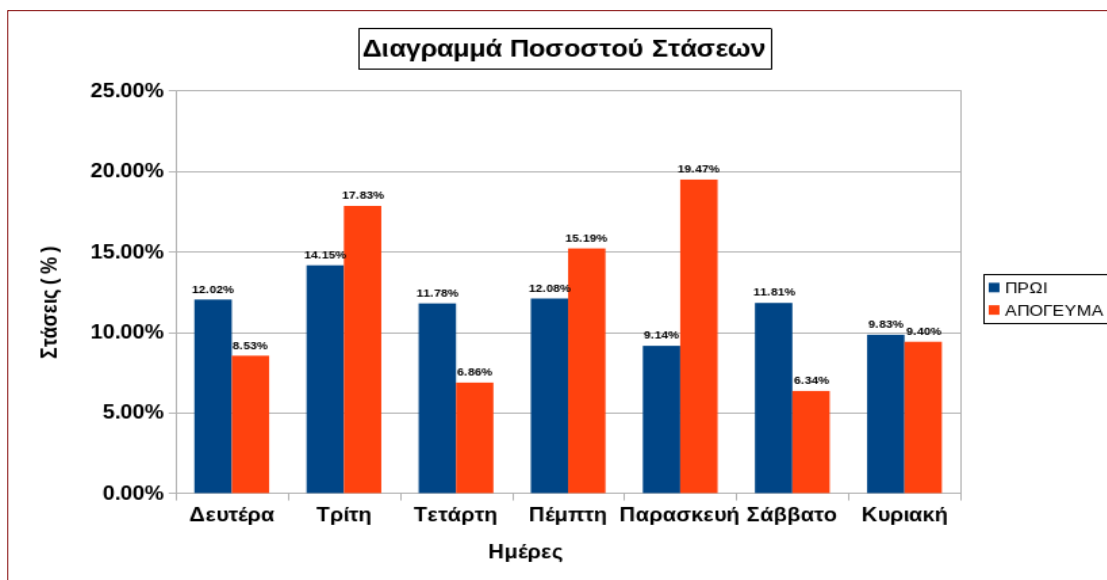


Σχήμα 34: Διάγραμμα Μέσης Επιτάχυνσης Πρωί – Απόγευμα – Μέσος Όρος.

Οι τιμές της επιτάχυνσης προκύπτουν από την αφαίρεση δυο συνεχόμενων σημείων ταχύτητας σε μονάδες m/sec^2 . Αφαιρούμε δηλαδή την δεύτερη τιμή από την πρώτη. Αν ο αριθμός που θα προκύψει είναι θετικός, τότε μιλάμε για επιταχυνόμενη κίνηση, εάν όμως ο αριθμός είναι αρνητικός τότε πρόκειται για επιβραδυνόμενη κίνηση. Στο **Σχήμα 34** και στο **Σχημα 35** διακρίνεται ότι οι μεγαλύτερες τιμές επιτάχυνσης και επιβράδυνσης είναι την Παρασκευή το απόγευμα. Αυτό διότι όπως θα παρουσιαστεί σε παρακάτω γραφικές παραστάσεις, η συγκεκριμένη μέρα είναι η μέρα με μεγαλύτερη κυκλοφοριακή συμφόρηση.

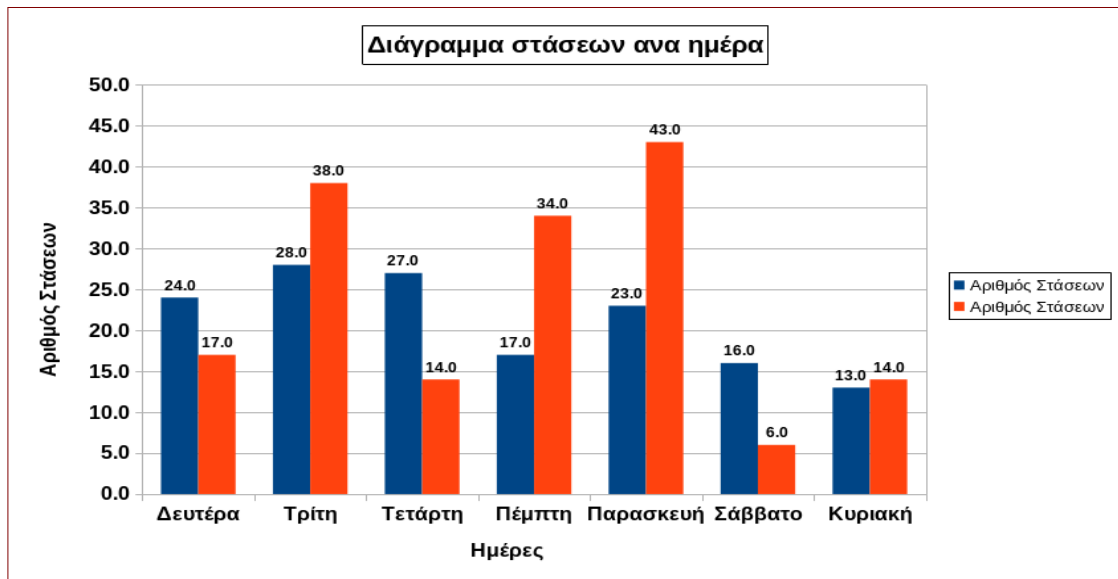


Σχήμα 35: Διάγραμμα Μέσης Επιβράδυνσης Πρωί – Απόγευμα – Μέσος Όρος.

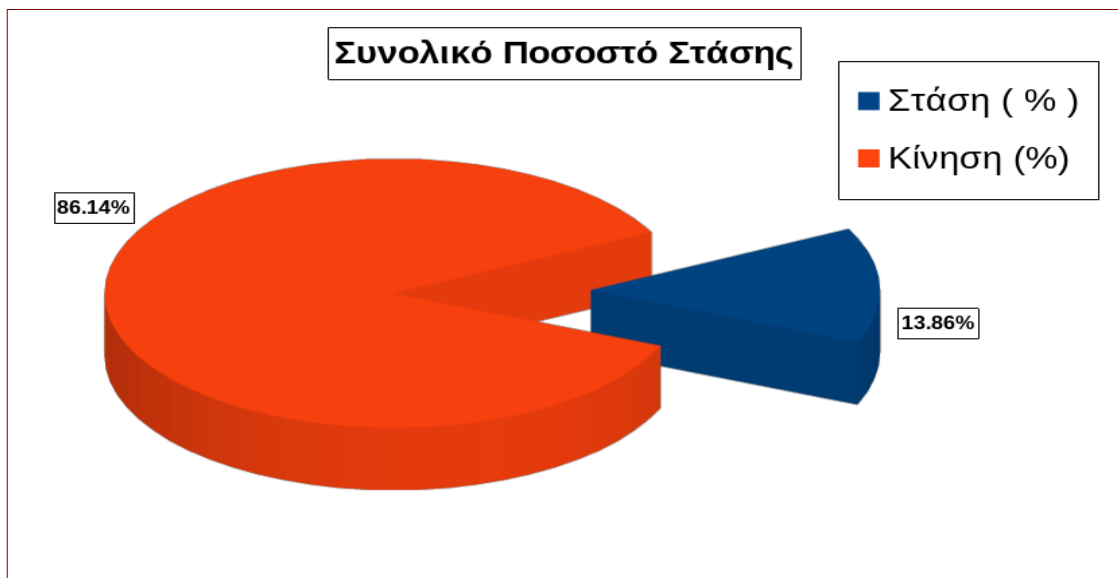


Σχήμα 36: Διάγραμμα Ποσοστού Στάσεων Πρωί – Απόγευμα

Το ποσοστό στάσεων προκύπτει από το πλήθος των μηδενικών ταχυτήτων κατά την διάρκεια κάθε διαδρομής. Τις χρονικές στιγμές δηλαδή που το αυτοκίνητο είναι εντελώς ακίνητο, είτε λόγω κάποιου φωτεινού σηματοδότη είτε επειδή υπάρχει έντονη κίνηση. Επίσης, αθροίζοντας τα παραπάνω μηδενικά σημεία προκύπτει η γραφική παράσταση του ακριβή αριθμού των στάσεων που πραγματοποίησε το όχημα κάθε ημέρα. Στα **Σχήμα 36** που αφορά το ποσοστό των στάσεων και στο **Σχήμα 37** που αφορά τον ακριβή αριθμό των στάσεων, παρατηρείται ότι οι μέρες με τις περισσότερες στάσεις είναι τα απογεύματα της Τρίτης, της Πέμπτης και τέλος της Παρασκευής με το τεράστιο ποσοστό 19.47 %. Το Σάββατο το απόγευμα το ποσοστό της στάσης είναι 6.34% από το οποίο το μεγαλύτερο ευθύνεται σε φωτεινούς σηματοδότες.

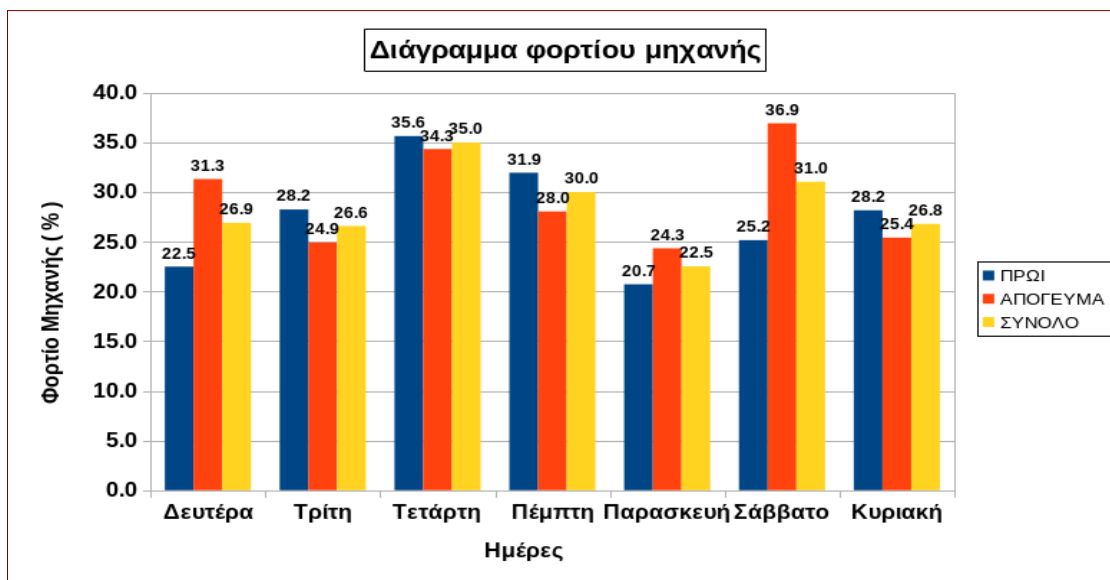


Σχήμα 37: Διάγραμμα Αριθμού Στάσεων Πρωί – Απόγευμα



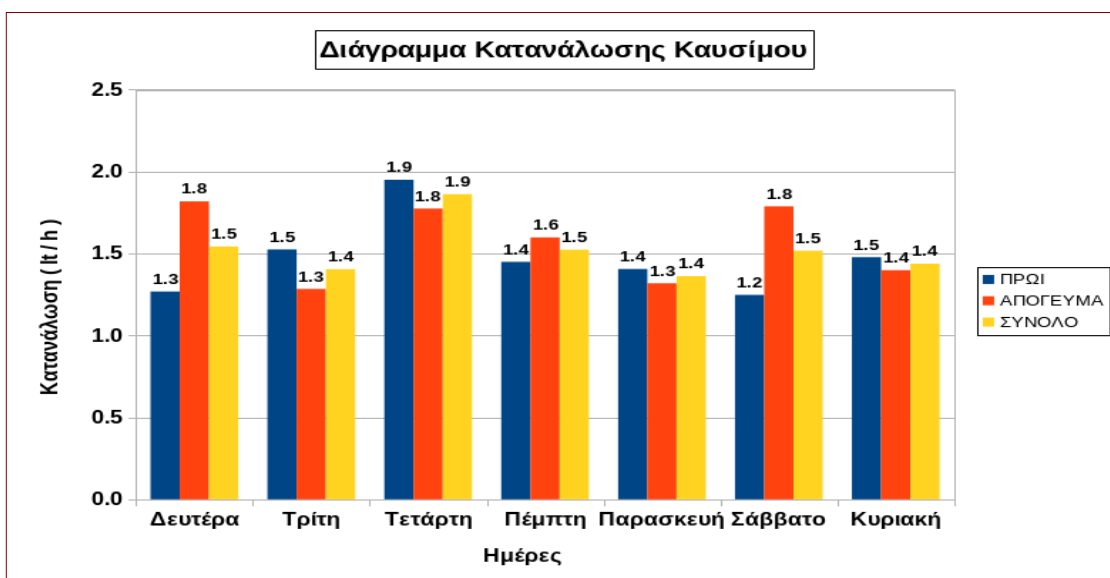
Σχήμα 38: Διάγραμμα Συνολικού Ποσοστού Στάσης

Πολύ ενδιαφέρον γράφημα είναι εκείνο που απεικονίζει τα συνολικά ποσοστά των στάσεων. Δηλαδή, καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος πόσο χρόνο το όχημα βρισκόταν σε κίνηση και πόσο σε ακινησία. Όπως, φαίνεται στο **Σχήμα 38** η κίνηση όλη την εβδομάδα ήταν 86.14 % ενώ οι στάσεις 13.86%.



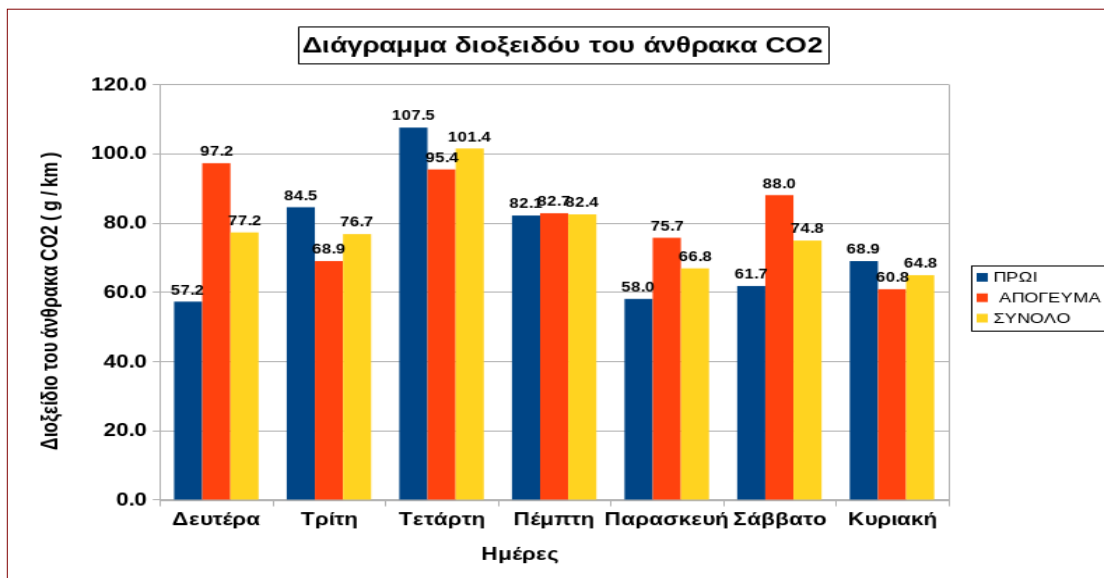
Σχήμα 39: Διάγραμμα Φορτίου Μηχανής Πρωί – Απόγευμα – Μέσος Όρος.

Το **Σχήμα 39**, παρουσιάζει το φορτίο της μηχανής ανα ημέρα, σε ποσοστό επί της εκατό. Με γνώμονα τα προηγούμενα διαγράμματα, παρατηρείται ότι σημαντική διαφορά στο επι της εκατό φορτίο της μηχανής παρουσιάζεται στις μέρες με την μικρότερη κίνηση. Μεγαλύτερο είναι το φορτίο την Τετάρτη και το Σάββατο όπου το ποσοστό στάσης ήταν μικρότερο σε σχέση με μέρες όπως είναι η Παρασκευή όπου το ποσοστό της στάσης είναι μεγαλύτερο. Επίσης, το φορτίο είναι ανάλογο με την ταχύτητα των ημερών αυτών, το Σάββατο και την Τετάρτη που υπολογίζεται το μεγαλύτερο φορτίο είναι οι μέρες με την μεγαλύτερη ταχύτητα. Δηλαδή, το φορτίο είναι η απεικόνιση της δύναμης της μηχανής. Όσο περισσότερο πιέζεται η μηχανή για να παράξει ροπή και κατ' επέκταση ταχύτητα τόσο μεγαλύτερο φορτίο επικρατεί σε αυτήν.



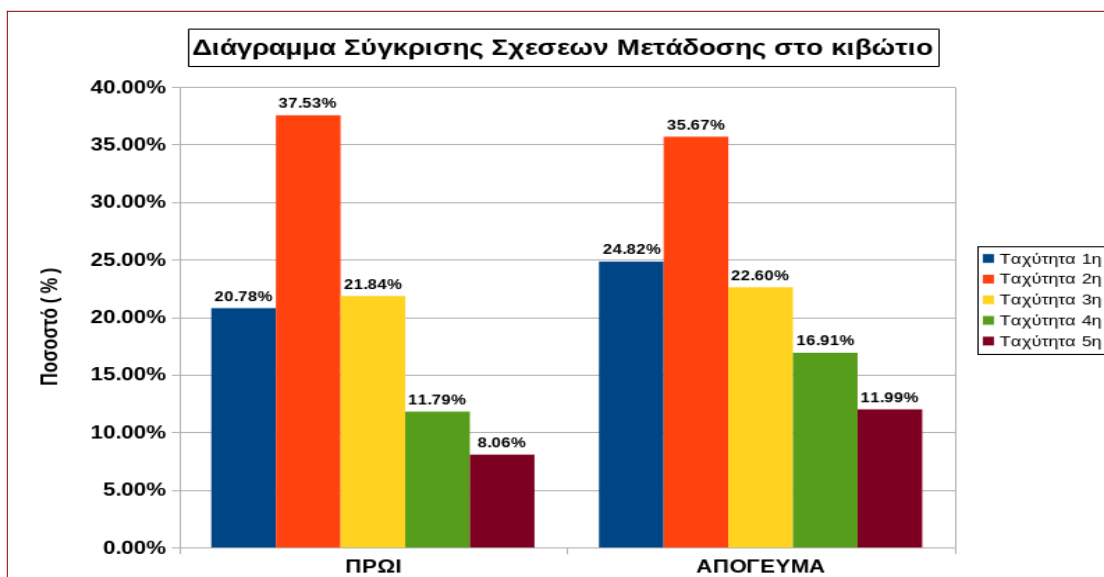
Σχήμα 40: Διάγραμμα Κατανάλωσης Καυσίμου Πρωί – Απόγευμα – Μέσος Όρος.

Σχετικά με το **Σχήμα 40** το οποίο παρουσιάζει την γραφική παράσταση που εκφράζει την κατανάλωση του καυσίμου, μπορεί κάποιος να δει ότι είναι αντιστρόφως ανάλογη με την κυκλοφοριακή συμφόρηση που επικρατεί στις οδικές αρτηρίες. Τις μέρες που το όχημα είχε μεγαλύτερο ποσοστό στάσης, με μικρή διαφορά, η κατανάλωση είναι χαμηλότερη, ενώ μέρες χωρίς πολύ κίνηση το αντίστροφο. Η κατανάλωση του καυσίμου υπολογίζεται από το λογισμικό, ανάλογα με την συνολική διάρκεια που το pedal του γκαζιού παρέμεινε πατημένο, αρά τις ημέρες με μεγαλύτερη κίνηση το pedal δεν έχει πατηθεί σε διάρκεια περισσότερο από τις μέρες με την μικρότερη κίνηση.



Σχήμα 41: Διάγραμμα Διοξειδίου του Άνθρακα Πρωί – Απόγευμα – Μέσος Όρος.

Το **Σχήμα 41**, γράφημα διοξειδίου του άνθρακα ανά ημέρα, δείχνει το πόσα γραμμάρια, ανά χιλιόμετρο, διοξειδίου του άνθρακα παράχθηκαν κατά την διάρκεια του πειράματος ανά μέρα. Οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα είναι σχετικά σταθερές εκτός απο την ημέρα της Τετάρτης όπου φτάνουν στα πιο υψηλά επίπεδα.



Σχήμα 42: Διάγραμμα σύγκρισης σχέσεων μετάδοσης στο κιβώτιο.

Στο **Σχήμα 42**, μπορεί κάποιος να διακρίνει μια σύγκριση για τις σχέσεις μετάδοσης που χρησιμοποιήθηκαν κατά την διάρκεια των διαδρομών. Η σύγκριση αυτή γίνεται στους μέσους όρους των ποσοστών για το πρωί και το απόγευμα. Το διάγραμμα δείχνει ότι η ταχύτητα που χρησιμοποιήθηκε περισσότερο είναι η 2η ταχύτητα. Επίσης, παρατηρείται ότι το απόγευμα είναι ελαφρώς αυξημένο το ποσοστό στις ταχύτητες 4η και 5^η, αφού κρίνοντας από τα προηγούμενα διαγράμματα τις απογευματινές διαδρομές οι ταχύτητα μεγαλύτερες τιμές.

Η διαδικασία για τον υπολογισμό των ταχυτήτων αναλύεται παρακάτω. Για να υπολογιστεί το ποσοστό των ταχυτήτων που χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα που δίνει ο κατασκευαστής, τα οποία δείχνουν ποια σχέση χρησιμοποιείται σε συγκεκριμένες στροφές με συγκεκριμένη ταχύτητα. Τα δεδομένα αυτά παρουσιάζονται στον **Πίνακα 22**.

Σχέσεις Μετάδοσης από Κατασκευαστή		
Σχέση Μετάδοσης	Στροφές (rpm)	Ταχύτητα (km / h)
1η	1000	8.2
2η	1000	14.4
3η	1000	22.3
4η	1000	31.3
5η	1000	42

Πίνακας 22: Εργοστασιακές σταθερές σχέσεων μετάδοσης.

Αρχικά, υπολογίζεται η σχέση που βρίσκεται στο κιβώτιο με γνώμονα την εργοστασιακή σχέση που παρέχει ο κατασκευαστής, αυτό θα γίνει για όλες τις σχέσεις μετάδοσης και στην συνέχεια ο μέσος όρος αυτών για να παρουσιαστεί το τελικό αποτέλεσμα. Ως αποτέλεσμα, θα παρουσιαστούν δεκαδικές τιμές οι οποίες θα τείνουν σε κάποιον ακέραιο αριθμό, στρογγυλοποιώντας αυτό το αποτέλεσμα παρουσιάζεται ποια ταχύτητα υπήρχε στο κιβώτιο ταχυτήτων.

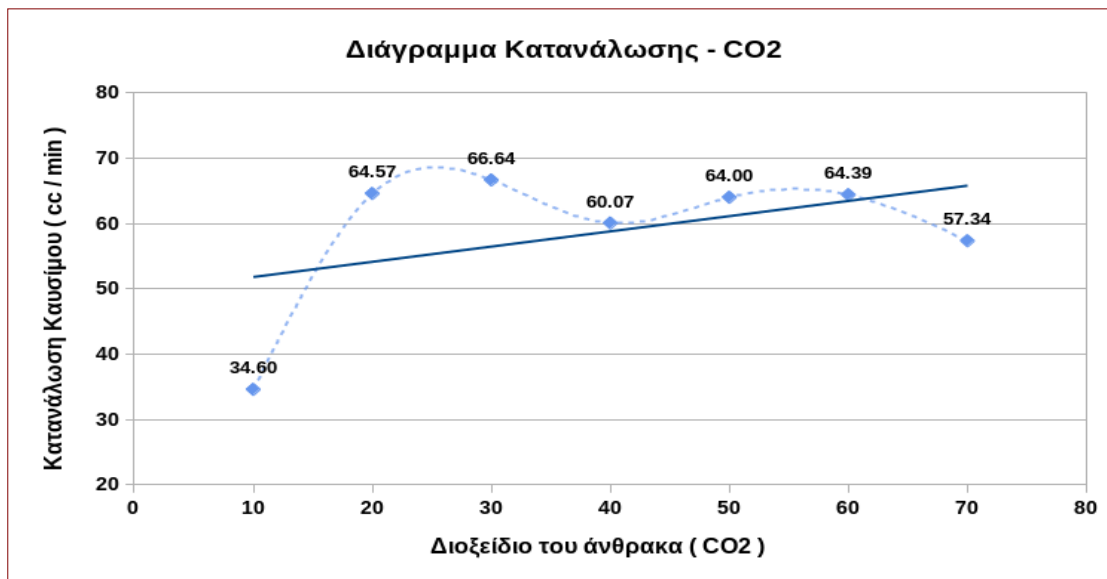
Πιο αναλυτικά :

$$\text{Πραγματική Σχέση Μετάδοσης} = \frac{\text{Πραγματική Ταχύτητα} \left[\frac{m}{s} \right] * \text{Σχέση Μετάδοσης } K}{\frac{\text{Ταχύτητα } K \cdot \left[\frac{m}{s} \right]}{\text{Στροφές } K \left[rpm \right]}} \text{ σχέση (2).}$$

Όπου, «Πραγματική Ταχύτητα – Στροφές» οι τιμές από τις πειραματικές μετρήσεις

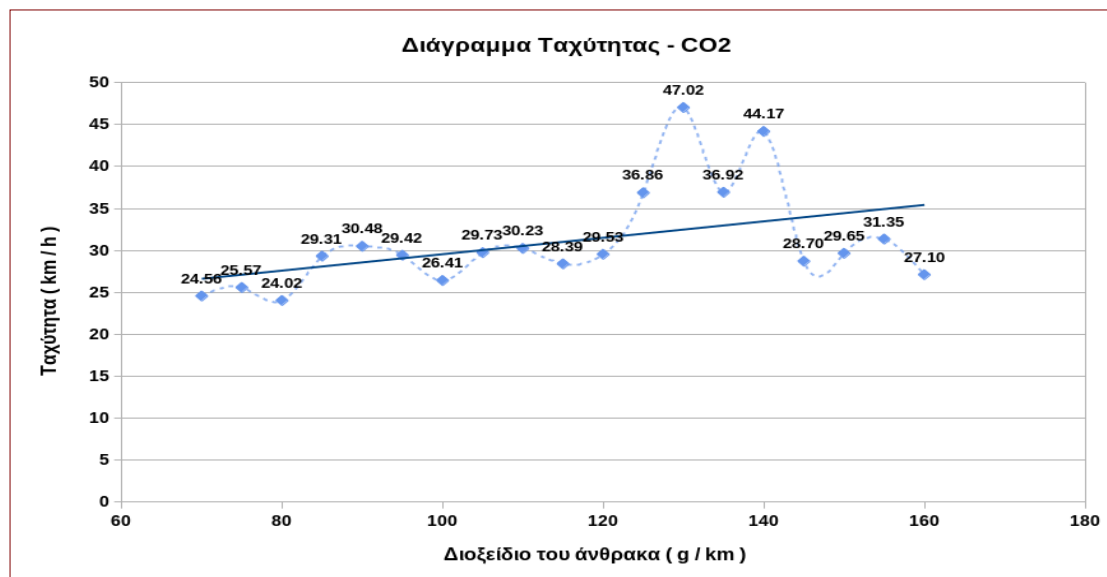
«Ταχύτητα – Στροφές – Σχέση μετάδοσης K». Οι τιμές που παρέχει ο κατασκευαστής.

6.4.2 Διαγράμματα Κατανομής για τις μέσες τιμές



Σχήμα 43: Διάγραμμα κατανομής Κατανάλωσης – Διοξειδίου του άνθρακα.

Στο **Σχήμα 44**, παρουσιάζεται η κατανομή των μέσων τιμών της κατανάλωσης και του διοξειδίου για όλο το πείραμα. Στο διάγραμμα αυτό διακρίνεται ότι οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα είναι σχετικά σταθερές. Βέβαια με την βοήθεια της γραμμής τάσης του διαγράμματος, παρατηρείται μια μικρή αύξηση της κατανάλωσης ανάλογη με του διοξειδίου. Ομοίως στο **Σχήμα 43**, το διάγραμμα κατανομής της ταχύτητας με το διοξείδιου του άνθρακα, για ολόκληρο το πείραμα είναι σχετικά σταθερο. Επίσης αυξάνονται οι ρύποι όσο αυξάνεται η ταχύτητα αλλά με πολύ μικρο ρυθμό, οπότε θα μπορούσε κάποιος να πεί ότι η μεταβολή των ρύπων σε σχέση με την ταχύτητα είναι σταθερή.



Σχήμα 44: Διάγραμμα κατανομής Ταχύτητας – Διοξειδίου του άνθρακα.

6.5 Υπολογισμός Αντιπροσωπευτικής Διαδρομής

Υπολογίζοντας όλες τις μέσες τιμές και παρουσιάζοντας παραπάνω τις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις, το πείραμα φτάνει στο σημείο του υπολογισμού της αντιπροσωπευτικής διαδρομής. Για τον υπολογισμό της, υπολογίστηκαν όλες οι μέσες τιμές του πειράματος και να συγκριθούν ανάλογα με την ομοιότητά τους. Τα επτά κριτήρια που συγκρίθηκαν παρουσιάζονται στον **Πίνακα 23**.

Χαρακτηριστικά	Τιμές	Μέσες τιμές Μετρήσεων	Μέσες τιμές Αντιπροσωπευτικής Διαδρομής	Ποσοστό ομοιότητας
Διάρκεια	sec	2713	2675	98.5 %
Μέση ωριαία ταχύτητα	km/h	23.67	23.75	100 %
Μέση ωριαία ταχύτητα χωρίς στάσεις	km/h	25.9	25.91	100 %
Αριθμός Στάσεων		23	27	83 %
Ποσοστό στάσης	%	13.86%	11.78%	85 %
Μέση επιτάχυνση	m/s ²	0.28	0.28	99 %
Μέση επιβράδυνση	m/s ²	-0.3	0.29	98 %

Πίνακας 23: Χαρακτηριστικά Αντιπροσωπευτικής Διαδρομής.

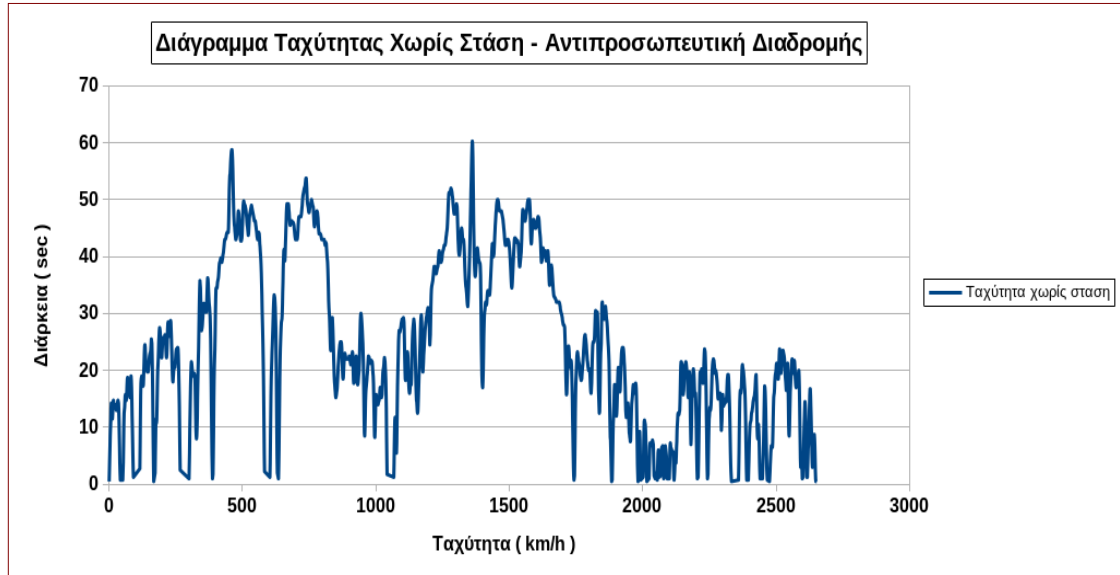
Σύμφωνα με τους υπολογισμούς στον **Πίνακα 23** προκύπτει ότι η αντιπροσωπευτική διάδρομή του πειράματος, δηλαδή εκείνη η διαδρομή που οι τιμές της τείνουν στις τιμές των μέσων τιμών όλου του πειράματος είναι η Τετάρτη το πρωί. Στο **Σχήμα 45** παρουσιάζεται το διάγραμμα της αντιπροσωπευτικής διαδρομής.



Σχήμα 45: Διάγραμμα Αντιπροσωπευτικής Διαδρομής με Εξομάλυνση.

Στο **Σχήμα 45** διακρίνεται η μεγαλύτερη ταχύτητα της αντιπροσωπευτικής διαδρομής, η οποία ξεπερνάει ελαφρώς τα 60 km/h, βρίσκεται στην μέση περίπου της διαδρομής διότι εκεί βρίσκεται η ιδιαίτερη

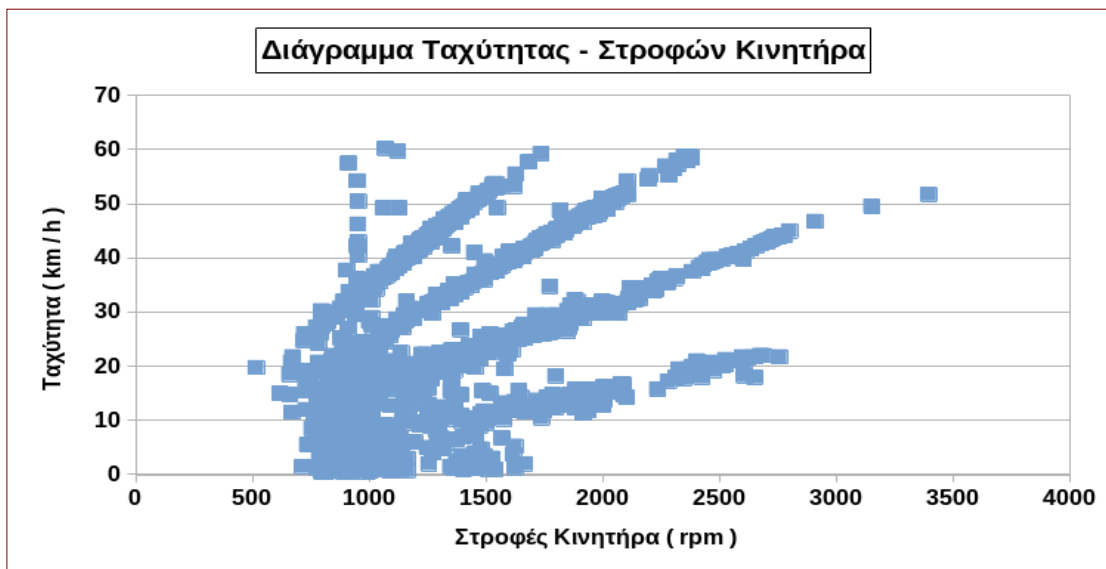
περιοχή της Έξω Παναγίτσας, όπου ο δρόμος είναι λίγο πιο ανοιχτός και τα οχήματα είναι σε θέση να αναπτύξουν ταχύτητες. Επίσης μπορεί κάποιος να διακρίνει ότι ο χρόνος που χρειάστηκε για την συγκεκριμένη διαδρομή είναι στα 2675 sec. Με πορτοκαλί γραμμή παρουσιάζεται η εξομάλυνση της ταχύτητας ώστε να αποφευχθούν πιθανές απότομες αλλαγές, με σκοπό την ακρίβεια των υπολογισμών. Επίσης στο **Σχήμα 46** δείχνει το αντιπροσωπευτικό προφίλ της ταχύτητας με το όχημα συνεχώς σε κίνηση.



Σχήμα 46: Διάγραμμα Αντιπροσωπευτικής Διαδρομής χωρίς στάση.

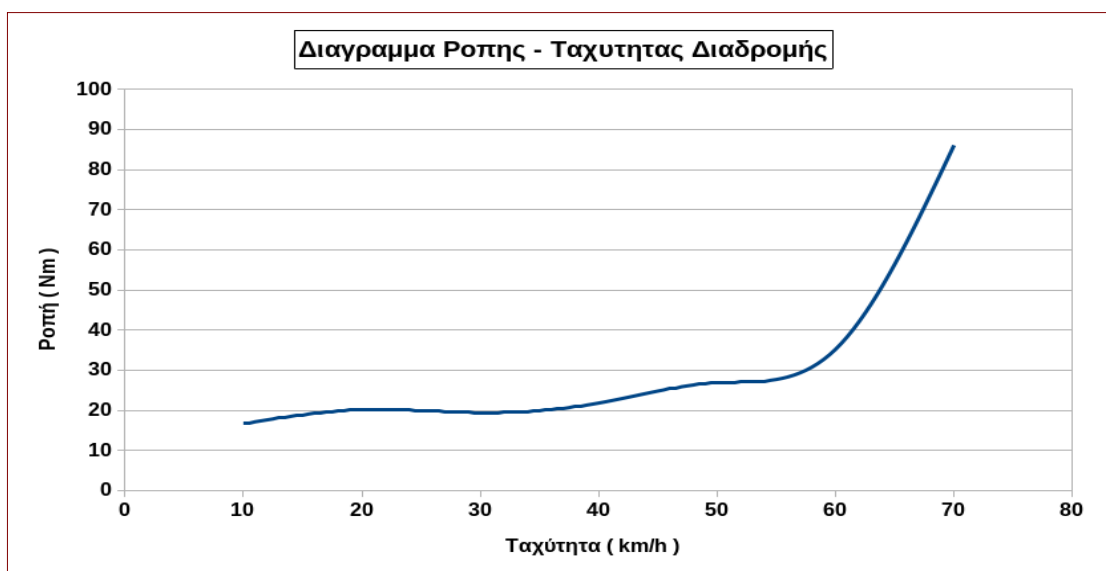
6.5.1 Διαγράμματα κατανομής για το αντιπροσωπευτικό προφίλ

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται κάποιοι πιο ειδικοί υπολογισμοί όσον αφορά την αντιπροσωπευτική ημέρα. Παρουσιάζονται διαγράμματα όπως είναι οι στροφές του κινητήρα με την ταχύτητα, το φορτίο της μηχανής με τους παραγόμενους ρύπους, το πραγματικό διάγραμμα ροπής ταχύτητας του κινητήρα καθώς και το διάγραμμα παραγόμενων ρύπων σε σχέση με την ταχύτητα της αντιπροσωπευτικής διαδρομής.

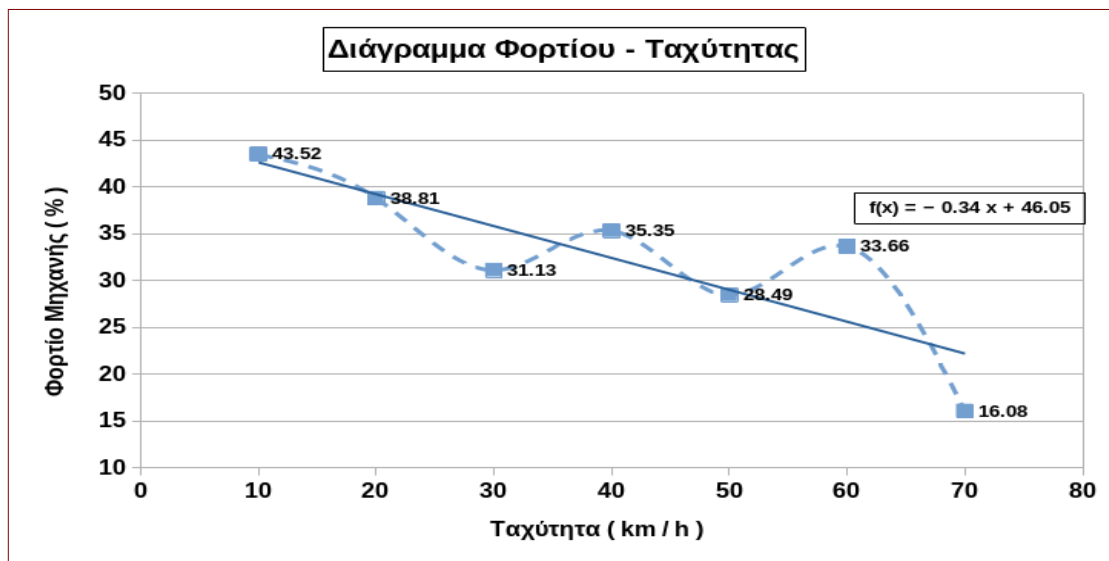


Σχήμα 47: Διάγραμμα Στροφών Κινητήρα – Ταχύτητας Αντιπροσωπευτικής Διαδρομής.

Στο **Σχήμα 47**, διάγραμμα των στροφών του κινητήρα σε σχέση με την ταχύτητα παρατηρείται ότι, στις ίδιες τιμές των στροφών υπάρχει διαφορετική ταχύτητα, αυτό συμβαίνει λόγω των διαφορετικών σχέσεων μετάδοσης που χρησιμοποιήθηκαν κατά την πορεία του οχήματος, επίσης διακρίνεται και το φόρτωμα της μηχανής κατά την εναλλαγή των σχέσεων μετάδοσης.

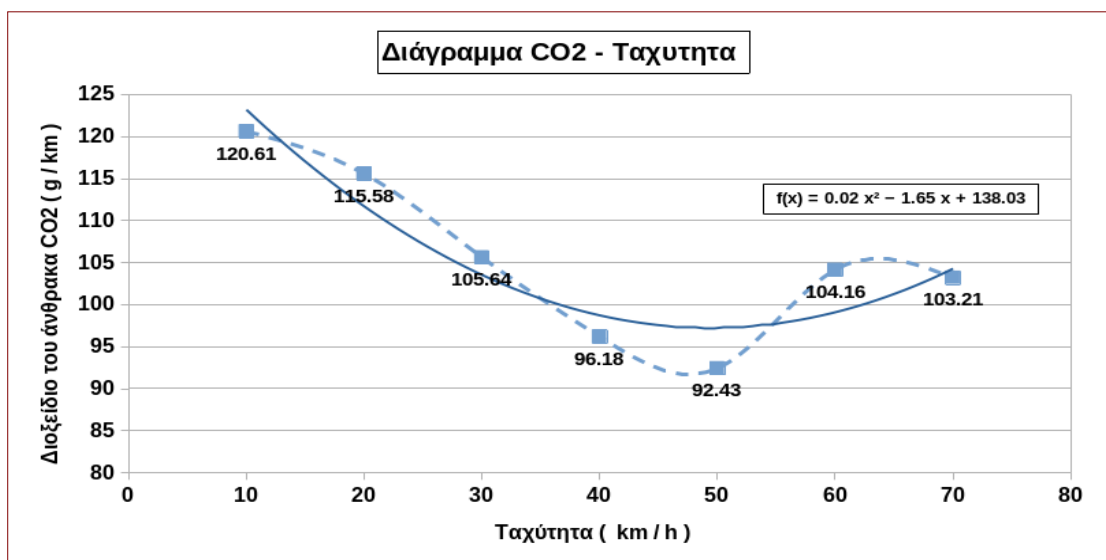


Σχήμα 48: Διάγραμμα Ροπής – Ταχύτητας Αντιπροσωπευτικής Διαδρομής.



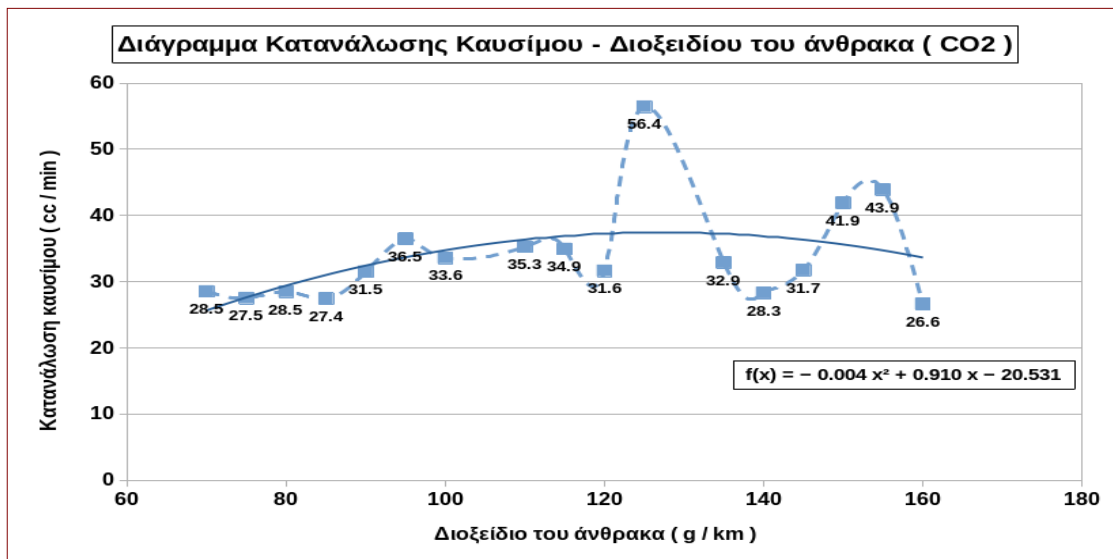
Σχήμα 49: Διάγραμμα Φορτίου – Ταχύτητας Αντιπροσωπευτικής Διαδρομής.

Στο **Σχήμα 49**, διάγραμμα Φορτίου - Ταχύτητας, παρουσιάζεται το φορτίο της μηχανής σε σχέση με την ταχύτητα να είναι αντιστρόφως ανάλογο. Δηλαδή όσο πιο μεγάλο φορτίο έχουμε στην μηχανή τόσο πιο μικρή είναι η τιμή της ταχύτητας. Αυτή ακριβώς είναι η λειτουργία του αυτοκινήτου, με μια μικρή ταχύτητα και μια μικρή σχέση μετάδοσης, ένα αυτοκίνητο έχει περισσότερο φορτίο. Βέβαια σε έναν αυτοκινητόδρομο όπου το όχημα μπορεί να φτάσει την μέγιστη ταχύτητά του, στην μέγιστη ταχύτητα θα υπήρχε αύξηση του φορτίου, λόγω όμως τις περιορισμένης διαδρομής σε αστικό και υπεραστικό περιβάλλον αυτό δεν συμβαίνει.



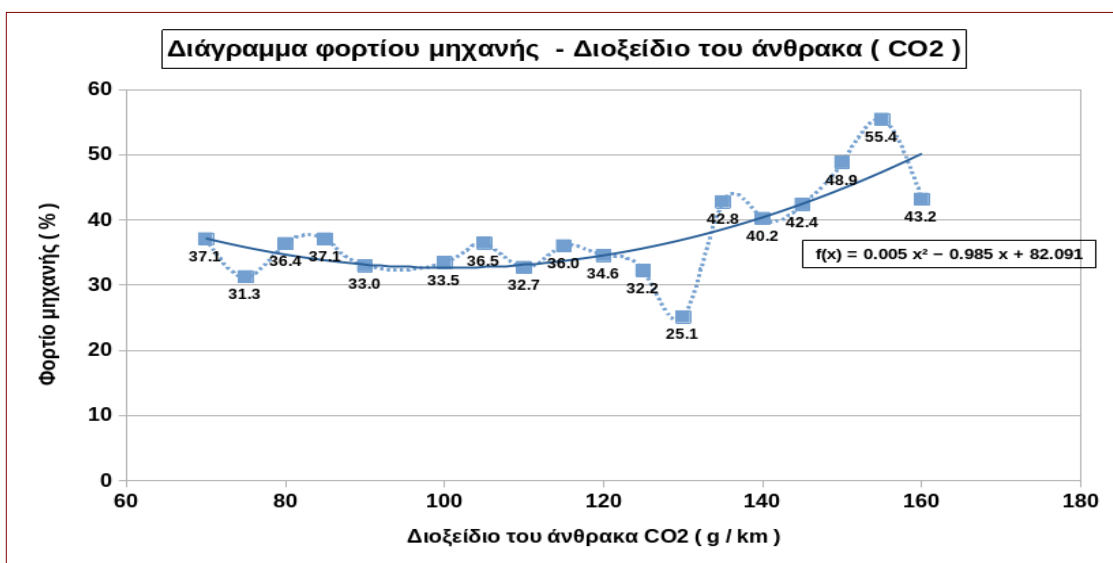
Σχήμα 50: Διάγραμμα Διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) - Ταχύτητα Αντιπροσωπευτικής Διαδρομής.

Στο **Σχήμα 50**, παρουσιάζεται η σχέση του διοξειδίου του άνθρακα με την ταχύτητα. Παρατηρείται ότι στις μικρότερες ταχύτητες υπάρχει μεγαλύτερη εκπομπή ρύπων ενώ στις μεγαλύτερες μικρότερη εκπομπή ρύπων. Όπως εξηγήθηκε στο **Σχήμα 49**, το φορτίο ήταν μεγαλύτερο στις μικρές ταχύτητες, άρα με μεγαλύτερο φορτίο η μηχανή θα εκπέμπει περισσότερους ρύπους.



Σχήμα 51: Διάγραμμα Κατανάλωσης Καυσίμου - Διοξειδίου του άνθρακα Αντιπροσωπευτικής Διαδρομής.

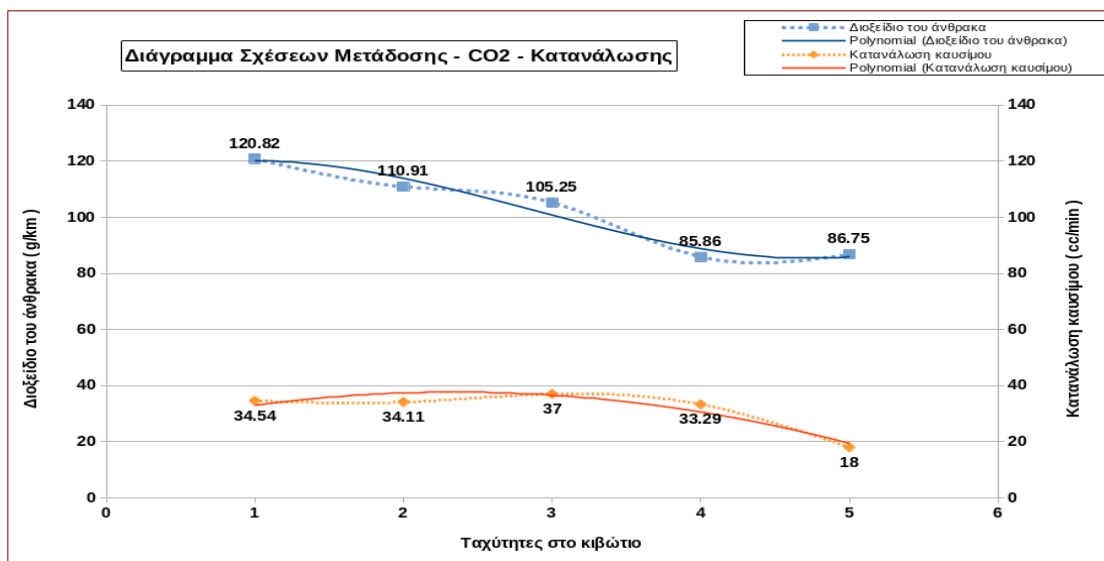
Επίσης ενδιαφέρον είναι γράφημα στο **Σχήμα 51** που παρουσιάζει την κατανάλωση καυσίμου σε σχέση με το διοξείδιο του άνθρακα. Η κατανάλωση σε αυτό το διάγραμμα δίνεται σε cc/min. Και όπως είναι φανερό, εφόσον η διαδρομή πραγματοποιήθηκε σε περιορισμένο περιβάλλον οι διακυμάνσεις είναι χαμηλές. Βέβαια υπάρχει μια μικρή αύξηση των ρύπων σε αυξημένη κατανάλωση. Θα ήταν ακόμα πιο φανερό εάν η μέτρηση είχε πραγματοποιηθεί σε διαφορετικό περιβάλλον.



Σχήμα 52: Διάγραμμα Φορτίου μηχανής – Διοξειδίου του άνθρακα Αντιπροσωπευτικής Διαδρομής.

Το γράφημα στο **Σχήμα 52** παρουσιάζει το φορτίο της μηχανής σε σχέση με το διοξείδιο του άνθρακα, δείχνει ότι όσο περισσότερο φορτίο έχει η μηχανή τόσο μεγαλύτερες εκπομπές ρύπων παράγονται στην ατμόσφαιρα. Οι τιμές και σε αυτό το διάγραμμα και στα προηγούμενα βρίσκονται σε φυσιολογικά πλαίσια. Παρόλα αυτά αξίζει να σημειωθεί ότι η τιμές των παραγόμενων ρύπων σε χαμηλή ταχύτητα **Σχήμα 50**, υψηλή κατανάλωση **Σχήμα 51** και υψηλό φορτίο της μηχανής **Σχήμα 52** βρίσκονται κοντά στα όρια του κατασκευαστή του οχήματος ή και ακόμα το ξεπερνάνε (FIAT Punto Evo) το οποίο είναι 123 g/km, βάση του Ευρωπαϊκού κύκλου NEDC.³⁰

Τέλος, στο **Σχήμα 53** παρουσιάζεται το διάγραμμα που δείχνει πόση κατανάλωση και πόση εκπομπή ρύπων υπήρχε από το όχημα για την αντιπροσωπευτική διαδρομή ανάλογα με τις σχέσεις μετάδοσης αυτού.



Σχήμα 53: Διάγραμμα Σχέσεων Μετάδοσης – Διοξειδίου του άνθρακα κατανάλωσης.

Όπως φαίνεται στο **Σχήμα 53**, περισσότερες εκπομπές ρύπων υπάρχουν όταν χρησιμοποιείτε η πρώτη σχέση μετάδοσης σε σχέση με την πέμπτη σχέση μετάδοσης. Με τις μικρές ταχύτητες στο κιβώτιο παράγονται περισσότεροι ρύποι. Οι μικρές ταχύτητες χρησιμοποιούνται πιο πολύ όταν επικρατεί αυξημένο κυκλοφοριακό με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγαλύτερο φορτίο στην μηχανή και να παραγονται περισσότεροι ρύποι. Επίσης, η κατανάλωση του καυσίμου παραμένει σχετικά σταθερή με μια μικρή αύξηση στην 3η ταχύτητα και έχοντας την χαμηλότερη τιμή στην πέμπτη ταχύτητα. Βέβαια ο περιορισμός της διαδρομής σε αστικό και υπεραστικό περιβάλλον συνεχίζει να μην βοηθάει στην σωστή απεικόνιση των εκπεμπόμενων ρύπων αφού δεν επιτρέπει στο όχημα να λειτουργήσει σε τελικές ταχύτητες.

6.5.2 Σύγκριση Αντιπροσωπευτικού προφίλ με τον WLTP

Σε αυτό το σημείο, είναι πολύ ενδιαφέρον να πραγματοποιηθεί μια σύγκριση ανάμεσα στο αντιπροσωπευτικό προφίλ που δημιουργήθηκε για την διαδρομή στην ευρύτερη περιοχή της Χαλκίδας και τον κύκλο οδήγησης WLTP. Στην παρακάτω διαδικασία, θα υπολογιστεί, σύμφωνα με το PMR, η κατηγορία του αυτοκινήτου και στην συνέχεια θα υπολογιστεί το ποσοστό ομοιότητας του αντιπροσωπευτικού προφίλ της διαδρομής.

Αρχικά, χρησιμοποιώντας την σχέση (1), από το Κεφάλαιο 5, υπολογίζεται η αναλογία ισχύος προς την μάζα (PMR). Σύμφωνα με χαρακτηριστικά του οχήματος που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα (Fiat Pundo Eno του 2011) υπολογίζεται η αναλογία ισχύος προς μάζα.

Υπολογισμός αναλογίας ισχύος προς την μάζα (PMR) :

$$PMR \left(\frac{W}{Kg} \right) = \frac{\text{Ονομαστική Ισχύς}(W)}{\text{Μάζα}(Kg)} = \frac{74}{1198} \cdot \frac{hp}{Kg} = \frac{55181.79}{1198} \cdot \frac{W}{Kg} = 46.06 \cdot \frac{W}{Kg}$$

Σύμφωνα με τον Πίνακα 15 τα οχήματα των οποίων το $PMR > 34 (W / Kg)$ κατηγοροποιούνται στην κλάση 3, στην συνέχεια είναι γνωστό από τον κατασκευαστή ότι, το όχημα που χρησιμοποιήθηκε έχει μέγιστη τελική ταχύτητα $155 (km / h) v_{max} > 120 (km / h)$. Άρα το όχημα κατηγοροποιείται στην κλάση 3b. Τα ονομαστικά χαρακτηριστικά της κλάσης 3b βρίσκονται στον παρακάτω πίνακα.

Φάση	Διάρκεια	Διάρκεια στάσης	Απόσταση	Ποσοστό στάσης	Μέγιστη Ταχύτητας	Μέση Ταχύτητα w/o stops	Μέση Ταχύτητα w/ stops	Επιβράδυνση	Επιτάχυνση
	sec	sec				km/h	km/h		
Χαμηλή 3	589	156	3095	26.5	56.5	25.7	18.9	-1.47	1.47
Μεσαία 3-2	433	48	4756	11.1	76.6	44.5	39.5	-1.49	1.57
Υψηλή 3-2	455	31	7162	6.8	97.4	608	56.7	-1.49	1.58
Πολύ Υψηλή 3	323	7	8254	2.2	131.3	94	92	-1.21	1.03
Σύνολο	1800	242	23266	13.44%					

Πίνακας 24: Χαρακτηριστικά κύκλου οχημάτων κλάσεων 3a και 3b του WLTP προς σύγκριση με αντιπροσωπευτικό προφίλ.

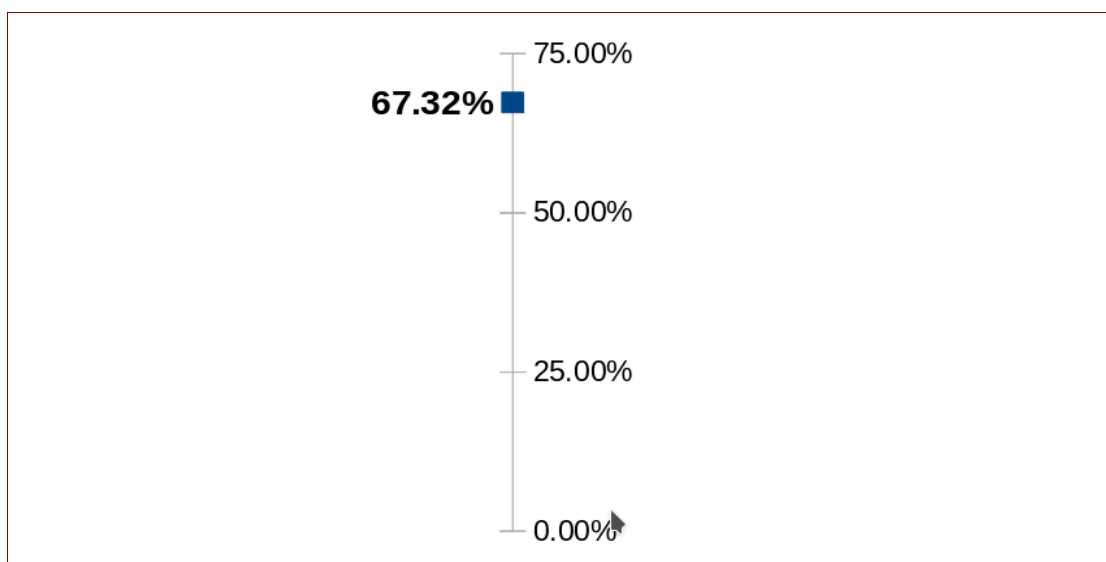
Βέβαια ο κύκλος WLTP για τα οχήματα κατηγορίας 3b έχει 4 διαφορετικές φάσεις ανάλογα την ταχύτητα. Οι φάσεις αυτές χωρίζονται σε Χαμηλή, Μεσαία, Υψηλή, πολύ Υψηλή ταχύτητα. Είναι φανερό ότι οι φάσεις αυτές αντιπροσωπεύουν οδήγηση σε αστικό και υπεραστικό περιβάλλον καθώς και οδήγηση σε αυτοκινητόδρομο.

Το πείραμα, όπως αναφέρθηκε, εκτελέστηκε στην πόλη της Χαλκίδας και στην ευρύτερη περιοχή της, Το περιβάλλον οδήγησης ήταν κατά κύριο λόγο αστικό με ένα μικρό ποσοστό υπεραστικής οδήγησης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην υπάρχει η δυνατότητα υπολογισμού ομοιότητας στις υψηλές ταχύτητες γιατί δεν υπήρχαν. Η ομοιότητα υπολογίζεται βάση των χαμηλών και των μεσαίων ταχυτήτων σύμφωνα με τον Κ.Ο.Κ ορίστηκε ως χαμηλή ταχύτητα τα $v_{min} \leq 40 (km / h)$, η μεσαία ταχύτητα τα $v_{aver} = 50-60 (km / h)$ και υψηλή ταχύτητα $v_{high} \geq 60 (km / h)$. Στον Πίνακα 25 φαίνονται τα δεδομένα που προεκύψαν από το αντιπροσωπευτικό προφίλ του πειράματος.

Φάση	Διάρκεια	Διάρκεια στάσης	Απόσταση	Ποσοστό στάσης	Μέγιστη Ταχύτητας	Μέση Ταχύτητα w/o stops	Μέση Ταχύτητα w/ stops	Επιβράδυνση	Επιτάχυνση
	sec	sec	m	(%)	km/h	km/h	km/h	m/s ²	m/s ²
Χαμηλή	2075	223	13660.92	10.75%	39.75	17.36	19.45	-1.66	1.52
Μεσαία	600	0	3950.14	0.00	60.25	45.84	45.84	-1.18	0.76
Σύνολο	2675	315.115	17611.07	11.78%					

Πίνακας 25: Χαρακτηριστικά κύκλου αντιπροσωπευτικής διαδρομής προς σύγκριση με τον WLTP.

Αρχικά, υπολογίστηκε η ομοιότητα για κάθε τιμή ξεχωριστά, υπολογίστηκε το επί τοις εκατό, ποσοστό ομοιότητας για την χαμηλή την μεσαία και το σύνολο των δεδομένων στον παραπάνω πίνακα. Στην συνέχεια ο μέσος όρος αυτών δείχνει στο **Σχήμα 54**, την ομοιότητα του αντιπροσωπευτικού προφίλ με τον κύκλο WLTP.

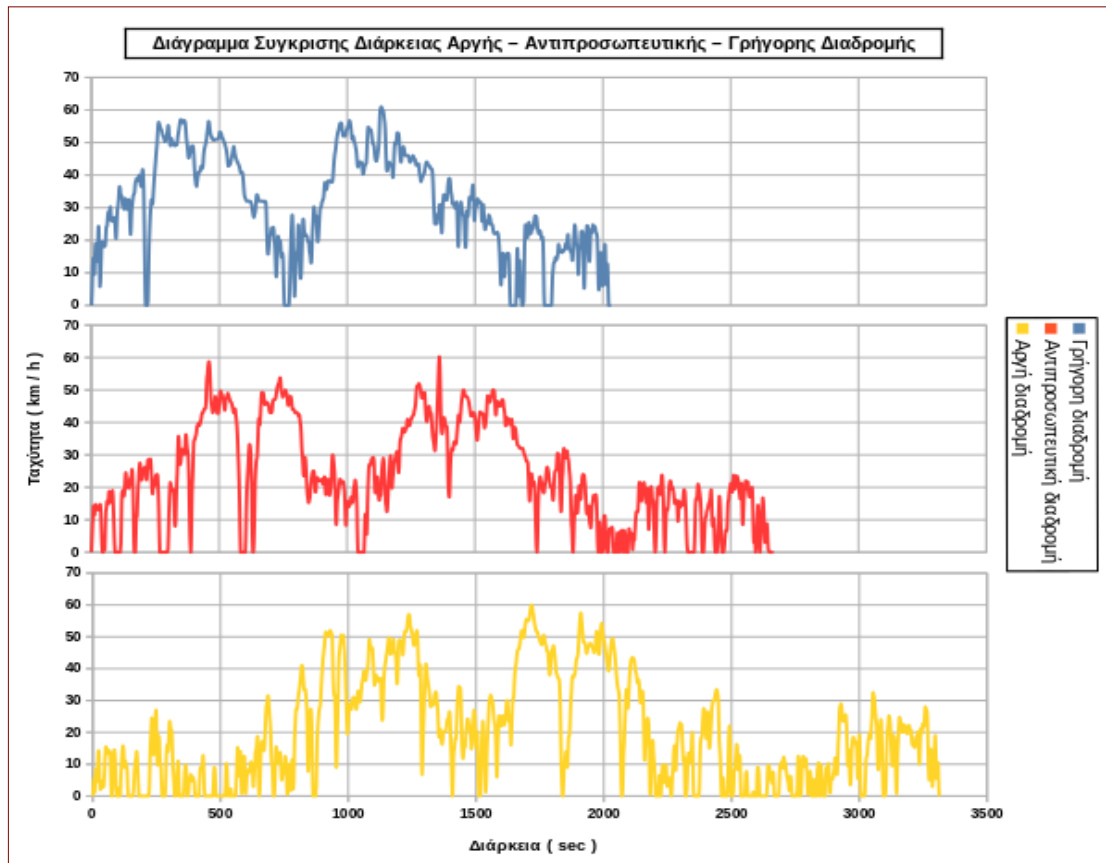


Σχήμα 54: Απεικόνιση ομοιότητας αντιπροσωπευτικού προφίλ με τον κύκλο WLTP.

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς η ομοιότητα του αντιπροσωπευτικού προφίλ με τον κύκλο οδήγησης WLTP είναι της τάξεως του **67.32%**. Το αποτέλεσμα αυτό προέκυψε από την σύγκριση των χαμηλών και των μεσαίων ταχυτήτων του αντιπροσωπευτικού προφίλ αφού στην διαδρομή για την ευρύτερη πόλη της Χαλκίδας δεν υπήρχε αυτοκινητόδρομος ώστε το αυτοκίνητο να αναπτύξει μεγάλες ταχύτητες. Οι μετρήσεις για την συγκεκριμένη διαδρομή έλαβαν μέρος σε περιορισμένο περιβάλλον, από την σύγκριση αυτή συμπεραίνεται ότι ο κύκλος WLTP δεν είναι αντιπροσωπευτικός για όλες τις περιοχές, αφού υπάρχουν αρκετές περιοχές που θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως περιορισμένο περιβάλλον.

6.6 Αργή και Γρήγορη διαδρομή

Στο **Σχήμα 55** παρουσιάζονται 3 διαδρομές αυτές είναι, η αργή και η γρήγορη οι οποίες συγκρίνονται μεταξύ τους στην διάρκεια και την ταχύτητα. Επίσης, συγκρίνονται και με την αντιπροσωπευτική διαδρομή για τις τιμές αυτές.



Σχήμα 55: Διάγραμμα Αργής – Αντιπροσωπευτικής – Γρήγορης Διαδρομής.

Υπάρχει μεγάλη διαφορά ανάμεσα στις διαδρομές, αφού η γρήγορη πραγματοποιείται σε περίπου 2000 sec, η αντιπροσωπευτική σε περίπου 2500 sec, και η αργή σε περίπου 3400 sec. Η αργή διαδρομή είναι την Παρασκευή το απόγευμα, ενώ η γρήγορη το Σάββατο το απόγευμα. Ο χρόνος που πραγματοποιείται μια διαδρομή σίγουρα αλλάζει σε μεγάλο βαθμό τις καταναλώσεις του καυσίμου, τις εκπομπές ρύπων κτλ.

7 Επιλογος – Συμπερασματα – Παρατηρήσεις

Με την ολοκλήρωση του πειράματος, είναι σε θέση κάποιος να κατανοήσει το αντιπροσωπευτικό προφίλ που δημιουργήθηκε για την ευρύτερη περιοχή της πόλης της Χαλκίδας στην διαδρομή Χαλκίδας – Νέας Αρτάκης. Με μια πρώτη παρατήρηση στα ποσοστά των στάσεων και στις μέσες τιμές των ταχυτήτων φαίνεται ότι η διαδρομή αυτή δεν έχει πολλές στάσεις από φωτεινούς σηματοδότες, αφού τις ημέρες χωρίς πολύ μεγάλη κυκλοφοριακή συμφόρηση οι στάσεις και οι ταχύτητες είναι κατά κάποιον τρόπο σταθερές.

Παρατηρείται επίσης ότι, το μεγαλύτερο κυκλοφοριακό στην πόλη συμβαίνει κυρίως τα απογεύματα στις μέρες Τρίτη, Πέμπτη και Παρασκευή. Αυτό είναι λογικό αφού τις ημέρες αυτές τα καταστήματα είναι ανοιχτά συν ότι στην διαδρομή αυτή υπάρχουν πολλά φροντιστήρια και άλλες απογευματινές ασχολίες μαθητών για τις οποίες χρησιμοποιούν τα οχήματα τους. Από τα διαγράμματα των επιταχύνσεων η οδήγηση μπορεί να θεωρηθεί “ομαλή” εφόσον δεν υπάρχουν μεγάλες μεταβολές σε αυτές. Με το όχημα που πραγματοποιήθηκε το πείραμα προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι εκπεμπόμενοι ρύποι είναι σε φυσιολογικά πλαίσια, με κάποιες τιμές να αγγίζουν το όριο που δίνει ο κατασκευαστής για το όχημα που χρησιμοποιήθηκε κατά την διάρκεια των μετρήσεων.

Ο κύκλος οδήγησης που σχηματίστηκε είναι αρκετά αντιπροσωπευτικός για την συγκεκριμένη διαδρομή στην ευρύτερη περιοχή της Χαλκίδας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για επιπλέον μετρήσεις σε δυναμομετρικές εξέδρες ώστε να παραχθεί ένα προφίλ μεγαλύτερης ακρίβειας όσον αφορά τους εκπεμπόμενους ρύπους και την κατανάλωση καυσίμου, ακόμα με σκοπό της μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην συγκεκριμένη περιοχή. Βέβαια, το πείραμα της εργασίας αφορά μόνο μια συγκεκριμένη διαδρομή. Η Χαλκίδα είναι μια πόλη με πολλές βιοτεχνίες και εργοστάσια στα προάστια της με αποτέλεσμα να υπάρχουν πολλές διαφορετικές οδικές αρτηρίες ενδιαφέροντος για μετρήσεις όπως αυτή.

Οχήματα εξοπλισμένα με τα κατάλληλα εργαλεία και το κατάλληλο λογισμικό, θα μπορούσαν να πραγματοποιούν καθημερινές μετρήσεις σε όλες τις οδικές αρτηρίες, των οποίων το σύνολο τους θα μπορούσε να δημιουργήσει ένα αντιπροσωπευτικό προφίλ για όλη την πόλη της Χαλκίδας και τις γύρω περιοχές. Με αυτές τις ενέργειες, θα υπήρχε μεγαλύτερη ακρίβεια στον υπολογισμό εκπεμπόμενων ρύπων από τα οχήματα στην περιοχή και κατ' επέκταση θα μπορούσε να υπολογιστεί η ατμοσφαιρική ρύπανση που υπάρχει. Μια τέτοια μαζική μέτρηση, πλέον δεν είναι δύσκολο να γίνει ακόμα και από κάποιον οδηγό έξω από τον επιστημονικό χώρο αφού με ένα απλό εργαλείο μετρήσεων τύπου OBD 2 και ένα κοινό smartphone εξοπλισμένο με το κατάλληλο λογισμικό είναι σε θέση να λάβει αυτές τις μετρήσεις.

Όλα τα διαγράμματα που παρουσιάστηκαν στα παραπάνω Κεφάλαια, παρουσιάζουν μια ομαλή διαδρομή χωρίς πολλές μεγάλες διακυμάνσεις στις τιμές τους. Η κυκλοφοριακή συμφόρηση βρίσκεται σε φυσιολογικά πλαίσια, εξαιρώντας μέρες όπως είναι η Τρίτη, η Πέμπτη και η Παρασκευή στις οποίες υπολογίστηκε το μεγαλύτερο ποσοστό στάσης. Οι κατανάλωση καυσίμου καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος βρισκόταν σε φυσιολογικές τιμές. Βέβαια, είναι αναγκαίο να αναφερθεί ότι, το περιβάλλον στο οποίο πραγματοποιήθηκε το πείραμα μπορεί να θεωρηθεί περιορισμένο (σε αστικό και σε υπεραστικό περιβάλλον). Από τις μετρήσεις λείπουν οι τιμές που θα υπήρχαν εάν το όχημα βρισκόταν σε αυτοκινητόδρομο και άγγιζε τα όρια ταχύτητας του. Σε αυτήν την περίπτωση πολλά από τα αποτελέσματα θα ήταν αυξημένα. Για τον λόγο αυτό, η σύγκριση του αντιπροσωπευτικού προφίλ της διαδρομής με τον κύκλο WLTP έδωσε την τιμή της τάξεως του 67.32% (*επι τοις εκατό ποσοστό ομοιότητας*). Σύμφωνα με αυτο το αποτέλεσμα παρόλες τις ποικίλες χρήσεις του, ο κύκλος WLTP δεν μπορεί να εφαρμόζεται παντού αφού υπάρχουν διαδρομές στις οποίες είναι σχεδόν αδύνατον να εφαρμοστεί ολοκληρωμένος.

Ο σχηματισμός κύκλων οδήγησης σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας και όχι μόνο, θα μπορούσε να θεωρηθεί ως όπλο κατά της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Με την πραγματοποίηση τέτοιων μετρήσεων επιστήμονες είναι σε θέση να υπολογίσουν όλους του ρύπους που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα από την χρήση των οχημάτων εξοπλισμένα με κινητήρες εσωτερικής καύσης (Μ.Ε.Κ) και στην συνέχεια τις βλάβες που προκαλούν αυτοί στον περιβάλλοντα χώρο. Σχηματίζοντας αντιπροσωπευτικά προφίλ σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης, μπορούν να γίνονται περισσότερες εργαστηριακές μετρήσεις σε δυναμομετρικές

εξέδρες, τις οποίες θα τις αναλύουν οργανισμοί δίνοντας αυστηρότερα όρια στους κατασκευαστές των οχημάτων για την καταπολέμηση του προβλήματος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που υπάρχει σήμερα.

Είναι φανερό, από την ανάλυση των Ευρωπαϊκών Προτύπων στο Κεφάλαιο 4 όπου αφορά τους εκπεμπόμενους ρύπους, ότι τα επιτρεπόμενα όρια του διοξειδίου του άνθρακα, των υδρογονανθράκων, των οξειδίων του αζώτου και των αιωρούμενων σωματιδίων στο τελευταίο Ευρωπαϊκό Πρότυπο (Euro 6), είναι σε μεγάλο βαθμό χαμηλότερα σε σχέση με το Euro 1 που χρησιμοποιήθηκε το 1992. Συνεχίζοντας τις μετρήσεις και την δημιουργία κύκλων οδήγησης θα υπάρχει η δυνατότητα ακόμη πιο χαμηλών ορίων με αποτέλεσμα μικρότερη ατμοσφαιρική ρύπανση και βλάβη στο περιβάλλον στο οποίο ζούμε.

8 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

8.1.1 Ρύπανση

- [1] Σικωτάκης Κωνσταντίνος, Τόλιος Αθανάσιος – 2018 -Απορρύπανση εδάφους με τεχνολογίες ψυχρού πλάσματος – Πτυχιακή Εργασία, ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας, ΣΤΕΦ, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, σελ 1
- [2] Άρθρο Ιστοσελίδα lifesos.eu- Ρύπανση του εδάφους - 2009-2020 LIFE07 ENV/GR/000278 - <http://www.lifesos.eu/index.php/el/pollution>
- [3] Αθανάσιος Μπουρούνης – Ρύπανση των Υδάτων – Ελευθερη Ζώνη - <http://www.elzoni.gr/html/ent/081/ent.49081.asp>
- [4] Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος – 2017 – Ατμοσφαιρική Ρύπανση - <https://www.eea.europa.eu/el/themes/air/intro>

8.1.2 Ατμοσφαιρική ρύπανση

- [5] Αμαλία Λεβέντη – 2015 – “Διαχρονική εξέλιξη της ποιότητας του αέρα στην ευρύτερη περιχοχή του Λεκανοπεδίου Αθηνών: Ρύποι, τύποι περιβάλλοντος, επεισόδια ατμοσφαιρικής ρύπανσης” - Διπλωματική Εργασία – Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τομέας Περιβάλλοντος & Μετεωρολογίας, Τμήμα Φυσικής – σελ 7
- [6] Εμμανουέλλα Ρεμουντάκη – 2010 – Αέρας και ατμοσφαιρική ρύπανση – WWF Ελλάς - http://www.wwf.gr/images/pdfs/WWF%20Ellas_Odigos%20gia%20to%20perivallon_Aeras.pdf – σελ 16-21

8.1.3 Ατμοσφαιρική Ρύπανση και οδικές μεταφορές

- [7] Έλενα Λαου – 2013 – Πρόβλεψη αέριων εκπομπών από τις οδικές μεταφορές στην Κύπρο μέχρι το 2030 – Πτυχιακή Διατριβή - Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου, Σχολη Γεωτεχνικών Επιστημών και Διαχείρισης Περιβάλλοντος, Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Περιβάλλοντος – σελ 11
- [8] Έλενα Λαου – 2013 – Πρόβλεψη αέριων εκπομπών από τις οδικές μεταφορές στην Κύπρο μέχρι το 2030 – Πτυχιακή Διατριβή - Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου, Σχολη Γεωτεχνικών Επιστημών και Διαχείρισης Περιβάλλοντος, Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Περιβάλλοντος – σελ 25
- [9] Ευρωπαϊκή Επιτροπή – 2017 – Η ΕΕ παίρνει μέτρα για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προκαλούν τα αυτοκίνητα .https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/el/MEMO_17_2821
- [10] Έλενα Λαου – 2013 – Πρόβλεψη αέριων εκπομπών από τις οδικές μεταφορές στην Κύπρο μέχρι το 2030 – Πτυχιακή Διατριβή - Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου, Σχολη Γεωτεχνικών Επιστημών και Διαχείρισης Περιβάλλοντος, Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Περιβάλλοντος – σελ 28-29
- [11] Έλενα Λαου – 2013 – Πρόβλεψη αέριων εκπομπών από τις οδικές μεταφορές στην Κύπρο μέχρι το 2030 – Πτυχιακή Διατριβή - Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου, Σχολη Γεωτεχνικών Επιστημών και Διαχείρισης Περιβάλλοντος, Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Περιβάλλοντος – σελ 30-31

8.1.4 Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών ρύπων

- [12] Euro 1 to Euro 6 guide – find out your vehicle's emissions standard - <https://www.rac.co.uk/drive/advice/emissions/euro-emissions-standards/>
- [13] Limits to improve air quality and health - <https://www.theaa.com/driving-advice/fuels-environment/euro-emissions-standards>

8.1.5 Κύκλοι Οδήγησης

- [14] Κ.Α Πίτσα – Τεχνικός Έλεγχος Οχημάτων Κύκλοι Οδήγησης και Ατμοσφαιρική Ρύπανση – 2003 – Διδακτορική Διατριβή - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών – σελ 217 - 222

- [15] V.Bulach -Prediction of line source of emissions along urban roads – 1977 – University of Melbourne, Dept. of Mechanical Engineering Report T26
- [16] P.G Boulter, U.S Latham, M. Ainge – 1999 - Driving cycles for measuring passenger car emissions on roads with traffic calming measures – The Science of the Total Environment 235, σελ 77-89
- [17] Ευάγγελος Γ. Τζιράκης – Συσχετισμός Εκπομπών Οχημάτων με Φυσικοχημικές Ιδιότητες των Καυσίμων και με Δεδομένα από την Κίνηση των Οχημάτων στο Λεκανοπέδιο – 2007 – Διδακτορική Διατριβή - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών – σελ 93-95
- [18] Kuhler M., Karstens D – 1978 – Improved driving cycle for testing automotive exhaust emissions – SAE Technical Paper, Series 780650
- [19] M. Andre – 1996 – Driving cycles development : characterization of methods – SAE paper 961112
- [20] Sierra Research Inc. - 1995 – Metodology of generatiiong Driving Cycles for Inventory development (Prepared for U.S EPA) Report SR-09-02
- [21] Λουπάσης Μιχάλης – 2013 – Κύκλοι οδήγησης και ανάλυση διαδρομών για την πόλη των Χανίων – Τει Κρήτης, ΣΤΕΦ, Τμήμα Μηχανολογίας – σελ 28-72
- [22] Σαμος Ζαχαρίας – 2014 – Πειραματική Μέτρηση και Προσομοίωση ενός PLUG-IN Υβριδικού Οχήματος – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών σελ 55-56
- [23] Δημοσθένης Κακαλόπουλος – 2014 – Επίδραση Κλιμάκωσης Κιβωτίου Ταχυτήτων στις Εκπομπές CO₂ από επιβατικό όχημα σελ.11-13
- [24] Monica Tutuianu, Alessandro Marotta, Heinz Steven, Eva Ericsson, Takahiro Haniu, Noriyuki Ichikawa, Hajime Ishii. Development of a world-wide harmonized light duty driving test cycle (WLTC),2013
- [25] Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Cycle (WLTP), <https://dieselnet.com/standards/cycles/wltp.php>
- [26] Volkswagen,Aktiengesellschaft – A new standard, An overview of WLTP for passenger cars and light commercial vehicles - https://www.volkswagenag.com/presence/konzern/group-fleet/dokumente/wltp/GFI_WTLP_Broschuere_EN_A_New_Standard_WEB.pdf

8.1.6 Ιστότοποι

- [27] <https://www.wikipedia.org/>
- [28] <https://eur-lex.europa.eu>
- [29] <https://dieselnet.com>
- [30] https://www.automobile-catalog.com/auta_perf1.php