

ΤΜΗΜΑ

ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

Θέμα Πτυχιακής: Κύκλοι Οδήγησης

Όνομα σπουδαστή: Καραγιαννάκης

Μιλτιάδης ΤΜ6299

Επιβλέπων καθηγητής: Ευάγγελος

Τζιράκης

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ	7
1.1. Αίτια πρόκλησης κλιματικής αλλαγής.....	8
1.2. Τα αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής στον άνθρωπο και το περιβάλλον	17
1.3. Λύσεις για το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής.....	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑΣ ΔΕΚΑΕΤΙΑΣ.....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΚΥΚΛΟΙ ΟΔΗΓΗΣΗΣ.....	37
3.1. Μελέτη Οδηγικής Συμπεριφοράς	37
3.2. Γνωστοί κύκλοι οδήγησης	40
3.2.1. NEDC	40
3.2.2. WLTP	44
3.2.3. FTP-72	49
3.2.4. FTP-75	49
3.2.5. Artemis cycle-CADC.....	52
3.2.6. J10.....	55
3.2.7. J1015.....	56
3.2.8. JC08.....	58
3.2.9. ADC	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	62
4.1. Καταγραφικά OBD	62
4.2. Καταγραφές από GPS και OBD-Διαφορές.....	63
4.3. Η εφαρμογή Torque Lite	72
4.4. Βαθμονόμηση του επιταχυνσιόμετρου	75
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	77
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	96
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	98

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα αέρια του θερμοκηπίου από τις ανθρώπινες δραστηριότητες αποτελούν τη σημαντικότερη κινητήρια δύναμη της παρατηρούμενης κλιματικής αλλαγής από τα μέσα του 20ου αιώνα (Fuglestedt, et al, 2018). Οι δείκτες χαρακτηρίζουν τις εκπομπές των κυριότερων αερίων θερμοκηπίου που προκύπτουν από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, τις συγκεντρώσεις αυτών των αερίων στην ατμόσφαιρα και τον τρόπο με τον οποίο οι εκπομπές και οι συγκεντρώσεις έχουν μεταβληθεί με την πάροδο του χρόνου (Rehsehuh, et al, 2018). Κατά τη σύγκριση των εκπομπών διαφορετικών αερίων, αυτοί οι δείκτες χρησιμοποιούν μια έννοια που ονομάζεται "δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη" για τη μετατροπή των ποσοτήτων άλλων αερίων σε ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα (Dennehy, et al, 2017).

Οι περισσότεροι επιστήμονες του κλίματος συμφωνούν ότι η κύρια αιτία της τρέχουσας τάσης της υπερθέρμανσης του πλανήτη είναι η ανθρώπινη επέκταση του «φαινομένου του θερμοκηπίου» - η θέρμανση που προκύπτει όταν η ατμόσφαιρα παγιδεύει τη θερμότητα που εκπέμπει από τη Γη προς το διάστημα (Manahan, 2017).

Ορισμένα αέρια στην ατμόσφαιρα εμποδίζουν τη διαφυγή θερμότητας (Liu, et al, 2018). Τα αέρια μακράς διάρκειας που παραμένουν ημι-μόνιμα στην ατμόσφαιρα και δεν ανταποκρίνονται φυσικά ή χημικά στις μεταβολές της θερμοκρασίας περιγράφονται ως "εξαναγκαστικά" της αλλαγής του κλίματος (Bonan & Doney, 2018). Τα αέρια, όπως οι υδρατμοί, που ανταποκρίνονται φυσικά ή χημικά στις μεταβολές της θερμοκρασίας θεωρούνται ως "ανατροφοδοτήσεις" (Richards, et al, 2017).

Τα αέρια που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου περιλαμβάνουν τα ακόλουθα (Nikolov & Zeller, 2017):

Υδρατμοί. Το πιο άφθονο αέριο του θερμοκηπίου, αλλά σημαντικό, λειτουργεί ως ανατροφοδότηση για το κλίμα. Οι υδρατμοί αυξάνονται καθώς θερμαίνεται η ατμόσφαιρα της Γης, αλλά και η πιθανότητα σύννεφων και βροχοπτώσεων, κάνοντας τους μερικούς από τους σημαντικότερους μηχανισμούς ανάδρασης στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Μια μικρή αλλά πολύ σημαντική συνιστώσα της ατμόσφαιρας, το διοξείδιο του άνθρακα απελευθερώνεται μέσω φυσικών διεργασιών όπως η αναπνοή και οι εκρήξεις του ηφαιστείου και μέσω ανθρώπινων δραστηριοτήτων όπως η αποδάσωση, οι αλλαγές στη χρήση γης και η καύση ορυκτών καυσίμων. Οι άνθρωποι έχουν αυξήσει την ατμοσφαιρική συγκέντρωση CO₂ κατά περισσότερο από το ένα τρίτο από την έναρξη της Βιομηχανικής Επανάστασης. Αυτό είναι το πιο σημαντικό μακρόβιο "εξαναγκαστικό" στοιχείο των κλιματικών αλλαγών.

Μεθάνιο. Ένα αέριο υδρογονανθράκων που παράγεται τόσο από φυσικές πηγές όσο και από ανθρώπινες δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένης της αποσύνθεσης των αποβλήτων σε χώρους υγειονομικής ταφής, στη γεωργία και ιδιαίτερα στην καλλιέργεια ρυζιού, καθώς και στην πέψη των μηρυκαστικών και τη διαχείριση της κοπριάς που σχετίζεται με τα κατοικίδια ζώα. Το μεθάνιο είναι πολύ πιο δραστικό αέριο θερμοκηπίου από το διοξείδιο του άνθρακα, αλλά και πολύ λιγότερο άφθονο στην ατμόσφαιρα.

Οξείδιο του αζώτου. Ένα ισχυρό αέριο θερμοκηπίου που παράγεται από τις πρακτικές καλλιέργειας του εδάφους, ειδικά η χρήση εμπορικών και οργανικών λιπασμάτων, η καύση ορυκτών καυσίμων, η παραγωγή νιτρικού οξέος και η καύση βιομάζας.

Χλωροφθοράνθρακες (CFC). Είναι συνθετικές ενώσεις εξ' ολοκλήρου βιομηχανικής προέλευσης που χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές, αλλά τώρα ρυθμίζονται ευρέως στην παραγωγή και την απελευθέρωση στην ατμόσφαιρα με διεθνή συμφωνία για την ικανότητά τους να συμβάλλουν στην καταστροφή της στιβάδας του όζοντος. Είναι επίσης αέρια θερμοκηπίου.

Στη Γη, οι ανθρώπινες δραστηριότητες αλλάζουν το φυσικό θερμοκήπιο. Τον περασμένο αιώνα η καύση ορυκτών καυσίμων όπως ο άνθρακας και το πετρέλαιο έχει αυξήσει τη συγκέντρωση του ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Αυτό συμβαίνει επειδή η διαδικασία καύσης άνθρακα ή πετρελαίου συνδυάζει άνθρακα με οξυγόνο στον αέρα για να παράγει CO₂ (Ming, et al, 2017). Σε μικρότερο βαθμό, η εκκαθάριση γης για τη γεωργία, τη βιομηχανία και άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες έχει αυξήσει τις συγκεντρώσεις αερίων θερμοκηπίου (Pielke, et al, 2002).

Οι συνέπειες της αλλαγής του φυσικού ατμοσφαιρικού θερμοκηπίου είναι δύσκολο να προβλεφθούν, αλλά ορισμένες φαίνονται αρκετά πιθανές (Zickfeld, et al, 2017):

1. Κατά μέσο όρο, η Γη θα γίνει πιο ζεστή. Ορισμένες περιοχές μπορεί να καλωσορίζουν θερμότερες θερμοκρασίες, αλλά άλλες όχι.
2. Οι συνθήκες θερμότητας πιθανότατα θα οδηγήσουν σε περισσότερη εξάτμιση και βροχόπτωση συνολικά, αλλά οι μεμονωμένες περιοχές θα ποικίλουν, μερικές θα γίνουν πιο υγρές και άλλες θα στεγνώσουν.
3. Ένα ισχυρότερο φαινόμενο θερμοκηπίου θερμαίνει τους ωκεανούς και λιώνει μερικώς τους παγετώνες και άλλους πάγους, αυξάνοντας την στάθμη της θάλασσας. Το νερό του ωκεανού θα επεκταθεί αν θερμανθεί, συμβάλλοντας περαιτέρω στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας.

Εν τω μεταξύ, μερικές καλλιέργειες και άλλα φυτά μπορεί να ανταποκριθούν ευνοϊκά στο αυξημένο ατμοσφαιρικό CO₂, αναπτύσσοντας τους εαυτούς τους πιο έντονα και χρησιμοποιώντας νερό πιο αποτελεσματικά (McNicol, et al, 2017). Ταυτόχρονα, οι υψηλότερες θερμοκρασίες και τα μεταβαλλόμενα κλιματικά πρότυπα μπορεί να αλλάξουν τις περιοχές όπου οι καλλιέργειες μεγαλώνουν καλύτερα και να επηρεάσουν τη σύνθεση των φυσικών φυτικών κοινοτήτων (McCusker, et al, 2017).

Στην Πέμπτη Έκθεση Αξιολόγησης, η Διακυβερνητική Ομάδα για την Αλλαγή του Κλίματος, μια ομάδα 1.300 ανεξάρτητων επιστημόνων εμπειρογνομόνων από χώρες ανά τον κόσμο υπό την αιγίδα των Ηνωμένων Εθνών, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι υπάρχουν περισσότερες από 95% πιθανότητες ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες τα τελευταία 50 χρόνια έχουν θερμάνει επιπλέον τον πλανήτη (Benestad, 2017).

Οι βιομηχανικές δραστηριότητες που εξαρτώνται από τον σύγχρονο πολιτισμό μας έχουν αυξήσει τα επίπεδα ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα από 280 μέρη ανά εκατομμύριο σε 400 μέρη ανά εκατομμύριο τα τελευταία 150 χρόνια (Lin, et al, 2018). Η ομάδα κατέληξε επίσης στο συμπέρασμα ότι υπάρχει πιθανότητα μεγαλύτερη από 95% ότι τα αέρια θερμοκηπίου που παράγονται από τον άνθρωπο, όπως το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο και το οξείδιο του αζώτου, έχουν προκαλέσει μεγάλο μέρος της παρατηρηθείσας αύξησης των θερμοκρασιών της Γης τα τελευταία 50 χρόνια (Schlesinger, 2017).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Σήμερα η κλιματική αλλαγή είναι το μεγαλύτερο πρόβλημα της ανθρώπινης ύπαρξης. Αυτό συμβαίνει ήδη και αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές απειλές που αντιμετωπίζει ο πλανήτης.

Η αύξηση της θερμοκρασίας του κλιματικού συστήματος είναι αδιαμφισβήτητη, όπως προκύπτει πλέον σαφώς από τις παρατηρούμενες αυξήσεις των παγκόσμιων μέσων θερμοκρασιών της ατμόσφαιρας και των ωκεανών, την εκτεταμένη τήξη του χιονιού και του πάγου, και την άνοδο της παγκόσμιας μέσης στάθμης της θάλασσας. Η μέση θερμοκρασία της επιφάνειας της Γης έχει αυξηθεί κατά 0,76 ° C από το 1850. Το μεγαλύτερο μέρος της αύξησης της θερμοκρασίας που έχει συμβεί τα τελευταία 50 χρόνια, είναι πολύ πιθανό να έχει προκληθεί από ανθρώπινες δραστηριότητες. Σύμφωνα με το project της τέταρτης έκθεσης αξιολόγησης, αναφέρεται ότι χωρίς περαιτέρω δράση για τη αναγωγή των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, η παγκόσμια μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια είναι πιθανό να αυξηθεί περαιτέρω κατά 1,8 έως 4,0° C αυτόν τον αιώνα, και μέχρι και 6,4° C στη χειρότερη περίπτωση. Ακόμη και το κατώτερο άκρο αυτού του εύρους θα έφερνε την αύξηση της θερμοκρασίας από τον προβιομηχανικό καιρό πάνω από 2 ° C, το όριο πέραν του οποίου γίνονται πολύ πιο πιθανές οι μη αναστρέψιμες και πιθανόν καταστροφικές αλλαγές (Bangay & Blum, 2010).

Το κλίμα μπορεί να επηρεάσει κάθε άτομο και την υγεία μας άμεσα μέσω της αύξησης της θερμοκρασίας. Τέτοιες αυξήσεις μπορούν να οδηγήσουν σε πιο ακραία κύματα καύσωνα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, ενώ ταυτόχρονα παράγουν λιγότερο ακραία κύματα ψύχους κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Συγκεκριμένα τμήματα του πληθυσμού, όπως τα άτομα με καρδιακά προβλήματα, άσθμα, οι ηλικιωμένοι και τα παιδιά μπορεί να είναι ιδιαίτερα ευάλωτα σε ακραία θερμότητα. Μπορεί να υπάρχουν ακραίες πλημμύρες και ξηρασίες, καθώς και τυφώνες.

Σήμερα υπάρχουν υπερβολικά πολλά εργοστάσια και βιομηχανίες που εκπέμπουν στην ατμόσφαιρα πραγματικά καταστροφικές ουσίες και ρυπαίνουν τον αέρα. Γνωρίζουμε όλοι πολύ καλά ότι ο αέρας είναι κάτι χωρίς το οποίο δεν μπορούμε να ζήσουμε. Όταν αναπνέουμε το μολυσμένο αέρα, μπορούμε να μολύνουμε τα εσωτερικά όργανά μας και να αρρωστήσουμε σοβαρά. Το τροποσφαιρικό όζον

μπορεί να βλάψει τον πνευμονικό ιστό, και είναι ιδιαίτερα επιβλαβές για τα άτομα με άσθμα και άλλες χρόνιες παθήσεις των πνευμόνων. Το φως του ήλιου και οι υψηλές θερμοκρασίες, σε συνδυασμό με άλλους ρύπους, όπως τα οξείδια του αζώτου και οι πτητικές οργανικές ενώσεις, μπορούν να προκαλέσουν το τροποσφαιρικό όζον να αυξηθεί. Δεν μπορούμε να ξεφύγουμε από το μολυσμένο αέρα, είναι παντού, ακόμη και στα σπίτια μας και αναπνέουμε χωρίς διακοπή. Αυτό μπορεί να προκαλέσει καρκίνο και άλλες σοβαρές ασθένειες (Læssøe, et al. 2009).

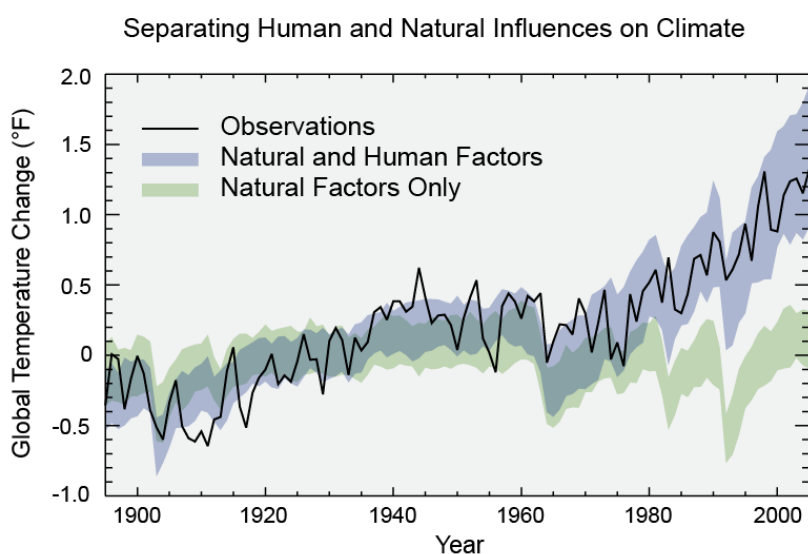
Ένα άλλο μεγάλο πρόβλημα είναι ότι τα επίπεδα της θάλασσας αυξάνονται σε όλο τον κόσμο. Επίσης, σημαντικό πρόβλημα είναι και η επέκταση του νερού των ωκεανών που προκαλείται από τις υψηλότερες θερμοκρασίες των ωκεανών. Οι παγετώνες των βουνών καθώς και φύλλο πάγου της Γροιλανδίας και το φύλλο πάγου της Ανταρκτικής, ολοένα και λιώνουν. Η θερμοκρασία αυξάνεται πράγμα που σημαίνει ότι ο πάγος λιώνει ολοένα και πιο γρήγορα.

Ωστόσο, αυτά δεν είναι τα μόνα προβλήματα. Ένα άλλο ζήτημα είναι τα αέρια του θερμοκηπίου. Είναι αέρια τα οποία παγιδεύουν θερμότητα στην ατμόσφαιρα. Ορισμένα αέρια του θερμοκηπίου, όπως το διοξείδιο του άνθρακα παράγονται φυσιολογικά με φυσικές διεργασίες και άλλα δημιουργούνται και εκπέμπονται αποκλειστικά από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Για παράδειγμα, το διοξείδιο του άνθρακα εισέρχεται στην ατμόσφαιρα εξαιτίας των ανθρώπινων δραστηριοτήτων όπως η καύση ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, φυσικό αέριο και άνθρακας). Όλα τα οχήματα εκπέμπουν πολύ βλαβερές ουσίες. Οι άνθρωποι έχουν προσπαθήσει να τα μειώσουν, αλλά το πρόβλημα εξακολουθεί να είναι επίκαιρο. Ως μέθοδοι αναγωγής της καύσης των αερίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί περισσότερο το ποδήλατο από ότι το αυτοκίνητο, μπορούν επίσης να επιλεγούν τα καύσιμα καθαρής καύσης, η οποία μειώνει τους ρύπους που σχηματίζουν όζον (WWF Ελλάς, 2009).

1.1. Αίτια πρόκλησης κλιματικής αλλαγής

Υπάρχουν δύο κύριες αιτίες των κλιματικών αλλαγών – τα φυσικά αίτια και οι ανθρώπινες δραστηριότητες. Τα φυσικά αίτια έχουν επηρεάσει κλίματα της γης, όπως οι ηφαιστειακές εκρήξεις, το ωκεάνιο ρεύμα, οι τροχιακές αλλαγές της Γης και οι ηλιακές παραλλαγές. Οι εκρήξεις των ηφαιστειών προκαλούν επίδραση ψύξης στη

γη. Όταν ένα ηφαίστειο εκρήγνυται εκπέμπει μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του θείου (SO_2), υδρατμούς, σκόνη και στάχτη στην ατμόσφαιρα. Οι εκρήξεις του ηφαιστείου επηρεάζουν το κλιματολογικό πρότυπο για τα επόμενα χρόνια αν και οι εκρήξεις συμβαίνουν σε λίγες ημέρες. Το αέριο διοξείδιο του θείου θα φθάσει στο ανώτερο επίπεδο της ατμόσφαιρας. Τα μικροσκοπικά σωματίδια, σκόνες και στάχτες θα εμποδίσουν τις εισερχόμενες ακτίνες του ήλιου και αυτό θα οδηγήσει σε ψύξη στην ατμόσφαιρα. Αυτό συμβαίνει επειδή η αναπήδηση του φωτός του ήλιου στο διάστημα ψύχει την ατμόσφαιρα της γης (Anderson, 2012).



Εικόνα 1. Επιρροή φυσικών και ανθρώπινων συνθηκών στην κλιματική αλλαγή

Επιπλέον, το ωκεάνιο ρεύμα είναι ένα από τα φυσικά αίτια που επηρεάζει τις κλιματικές αλλαγές. Ο ωκεανός είναι το κύριο συστατικό του κλιματικού συστήματος. Οι ωκεανοί καλύπτουν περίπου το 71% της γης και απορροφούν περίπου το διπλάσιο της ακτινοβολίας του ήλιου σε σχέση με την ατμόσφαιρα ή την επιφάνεια της γης. Οι άνεμοι ωθούν οριζόντια την επιφάνεια της θάλασσας και παράγουν τα ρεύματα των ωκεανών. Πέρα από αυτό, οι ωκεανοί διαδραματίζουν επίσης έναν σημαντικό ρόλο στην συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα. Οι αλλαγές στην ωκεάνια κυκλοφορία επηρεάζουν το κλίμα μέσω της κίνησης του διοξειδίου του άνθρακα μέσα ή έξω από την ατμόσφαιρα. Επιπλέον, μια άλλη αιτία που επηρεάζει τις κλιματικές αλλαγές είναι οι τροχιακές αλλαγές της Γης. Η Γη κάνει μια πλήρη τροχιά γύρω από τον ήλιο κάθε χρόνο. Αν δεν υπήρχε κλίση δεν είχαμε τις διάφορες εποχές. Οι αλλαγές στην κλίση της γης μπορούν να επηρεάσουν τη

σοβαρότητα του κλίματος των εποχών. Για παράδειγμα, εάν υπάρχουν περισσότερες κλίσεις σημαίνει ότι θα αντιμετωπίσουμε θερμότερα καλοκαίρια και ψυχρότερους χειμώνες και αν υπάρχει λιγότερη κλίση θα βιώσουμε πιο δροσερό καλοκαίρι και πιο ήπιους χειμώνες (Læssøe, et al. 2009).

Μια άλλη κύρια αιτία που οδηγεί σε κλιματικές αλλαγές είναι οι ανθρώπινες δραστηριότητες. Από τον 19ο αιώνα, η Βιομηχανική Επανάσταση είδε ευρεία κλίμακας χρήση ορυκτών καυσίμων για τις βιομηχανικές δραστηριότητες. Ως εκ τούτου, έχει δημιουργήσει πολλές θέσεις εργασίας για τους ανθρώπους. Και πολλοί άνθρωποι μετακινούνται από τις αγροτικές περιοχές στις πόλεις. Πολλές περιοχές βλάστησης έχουν εκκαθαριστεί για να γίνουν σπίτια ή εργοστάσια για τις βιομηχανίες. Οι φυσικοί πόροι χρησιμοποιούνται ευρέως για την κατασκευή, τις βιομηχανίες, τις μεταφορές και την κατανάλωση. Όλα αυτά συνέβαλαν με τις αυξήσεις των αερίων του θερμοκηπίου, όπως το μεθάνιο και το υποξείδιο του αζώτου στην ατμόσφαιρα. Ο άνθρωπος δημιουργεί βιομηχανίες, εργοστάσια και σπίτια, και χρησιμοποιεί οχήματα που χρησιμοποιούνται πολλά ορυκτά καύσιμα όπως ο άνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Αυτές οι χρήσεις των ορυκτών καυσίμων οδηγούν σε κλιματικές αλλαγές. Η παγκόσμια κλιματική αλλαγή προκαλείται και από τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται για την γεωργία. Ως αποτέλεσμα της μικροβιακής δράσης στο έδαφος, αυτά τα χημικά απελευθερώνουν υποξείδιο του αζώτου. Πέρα από αυτό, η εκπομπή μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα επηρεάζουν επίσης τις κλιματικές αλλαγές. Επιπλέον, η γεωργία ως κλάδος αναπτύσσεται επίσης από την αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού στον κόσμο (Bangay & Blum, 2010).

Η θερμοκρασία της Γης εξαρτάται από την ισορροπία μεταξύ της ενέργειας που εισέρχεται και εξέρχεται του συστήματος του πλανήτη. Όταν η εισερχόμενη ενέργεια από τον ήλιο απορροφάται από το σύστημα της Γης, η Γη θερμαίνεται. Όταν η ενέργεια του ήλιου αντανακλάται πίσω στο διάστημα, η Γη αποφεύγει την θέρμανση. Όταν η απορροφώμενη ενέργεια απελευθερώνεται πίσω στο διάστημα, η Γη δροσίζει. Πολλοί παράγοντες, τόσο φυσικοί όσο και ανθρώπινοι, μπορούν να προκαλέσουν αλλαγές στο ενεργειακό ισοζύγιο της Γης, μεταξύ των οποίων:

- Παραλλαγές στον τομέα της ενέργειας του ήλιου που φθάνουν στη Γη

- Αλλαγές στην ανακλαστικότητα της ατμόσφαιρας και της επιφάνειας της Γης
- Αλλαγές στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, το οποίο επηρεάζει την ποσότητα της θερμότητας που συγκρατείται από την ατμόσφαιρα της Γης

Αυτοί οι παράγοντες έχουν οδηγήσει το κλίμα της Γης να αλλάξει πολλές φορές.

Οι επιστήμονες έχουν ενωθεί για να παράγουν ένα ιστορικό σχετικά με το κλίμα της Γης, που χρονολογείται εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια πριν (και, σε ορισμένες περιπτώσεις, εκατομμύρια ή εκατοντάδες εκατομμύρια χρόνια πριν), αναλύοντας μια σειρά έμμεσων μέτρων του κλίματος, όπως πυρήνες πάγου, δακτυλίους των δέντρων, μήκη παγετώνων, υπολείμματα γύρης, και ιζήματα στον ωκεανό, και μελετώντας τις αλλαγές στην τροχιά της Γης γύρω από τον ήλιο (Anderson, 2012).

Αυτό το ιστορικό δείχνει ότι το κλιματικό σύστημα ποικίλλει φυσικά σε ένα ευρύ φάσμα των κλιμάκων του χρόνου. Σε γενικές γραμμές, οι κλιματικές αλλαγές πριν από τη Βιομηχανική Επανάσταση το 1700 μπορούν να εξηγηθούν από φυσικά αίτια, όπως οι αλλαγές στην ηλιακή ενέργεια, οι ηφαιστειακές εκρήξεις, και οι φυσικές αλλαγές στις συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου (GHG).

Οι πρόσφατες αλλαγές του κλίματος, ωστόσο, δεν μπορούν να εξηγηθούν μόνο από φυσικά αίτια. Η έρευνα δείχνει ότι τα φυσικά αίτια δεν εξηγούν τις περισσότερες παρατηρήσεις αύξησης της θερμοκρασίας, κυρίως του πλανήτη από τα μέσα του 20ου αιώνα. Μάλλον, είναι εξαιρετικά πιθανό ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν το κυρίαρχο αίτιο για την υπερθέρμανση αυτού του πλανήτη (Anderson, 2012).

Οι κλιματικές αναδράσεις ενισχύουν ή μειώνουν τις άμεσες επιπτώσεις θέρμανσης και ψύξης. Δεν αλλάζουν άμεσα τη θερμοκρασία του πλανήτη. Οι ανατροφοδοτήσεις που ενισχύουν τις αλλαγές ονομάζονται θετικές ανατροφοδοτήσεις. Οι αναδράσεις που εμποδίζουν τις αλλαγές ονομάζονται αρνητικές ανατροφοδοτήσεις. Οι αναδράσεις σχετίζονται με τις αλλαγές στην επιφάνεια ανακλαστικότητας, στα σύννεφα, στους υδρατμούς, και στον κύκλο του άνθρακα.

Οι υδρατμοί φαίνεται να προκαλούν την πιο σημαντική θετική ανατροφοδότηση. Καθώς η Γη ζεσταίνεται, ο ρυθμός εξάτμισης και η ικανότητα του αέρα να συγκρατεί τους υδρατμούς αυξάνονται παράλληλα, αυξάνοντας και την ποσότητα των υδρατμών

στον αέρα. Επειδή οι υδρατμοί είναι ένα αέριο του θερμοκηπίου, αυτό οδηγεί σε περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας (Bangay & Blum, 2010).

Η τήξη των πάγων της Αρκτικής θάλασσας είναι ένα άλλο παράδειγμα θετικής κλιματικής ανάδρασης. Καθώς οι θερμοκρασίες αυξάνονται, υποχωρεί ο θαλάσσιος πάγος. Η απώλεια του πάγου εκθέτει την υποκείμενη θαλάσσια επιφάνεια, η οποία είναι πιο σκούρα και απορροφά περισσότερο φως του ήλιου από ότι ο πάγος, αυξάνοντας το συνολικό ποσό της θέρμανσης.

Ορισμένοι τύποι νεφών μπορούν να προκαλέσουν αρνητική ανάδραση. Οι αυξανόμενες θερμοκρασίες μπορούν να αυξήσουν την ποσότητα ή την ανακλαστικότητα αυτών των νεφών, αντανακλώντας περισσότερο ηλιακό φως πίσω στο διάστημα, ψύχοντας της επιφάνειας του πλανήτη. Άλλοι τύποι νεφών, ωστόσο, συμβάλουν στην θετική ανάδραση.

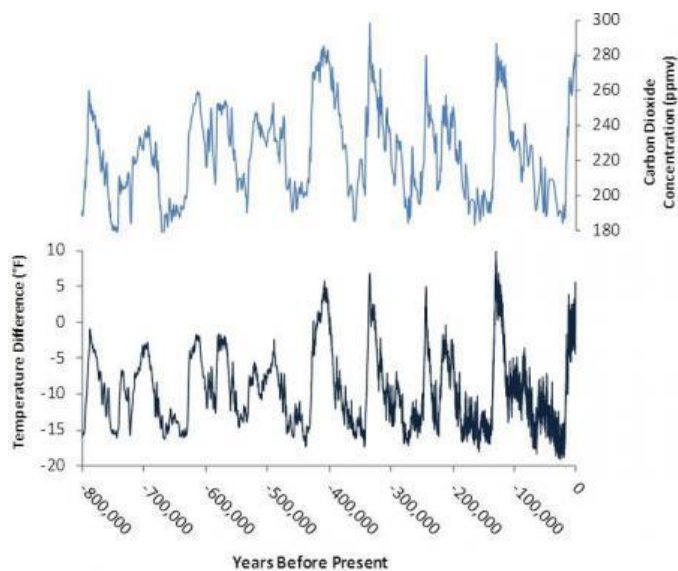
Υπάρχουν επίσης αρκετές θετικές αναδράσεις που αυξάνουν τις συγκεντρώσεις αερίων του θερμοκηπίου. Για παράδειγμα, καθώς οι θερμοκρασίες αυξάνονται (Bangay & Blum, 2010):

- Οι φυσικές διεργασίες που επηρεάζονται από την αύξηση της θερμοκρασίας, όπως η απόψυξη των μόνιμων πάγων, τείνει να απελευθερώνει περισσότερο CO₂.
- Ο ωκεανός απελευθερώνει CO₂ στην ατμόσφαιρα και απορροφά ατμοσφαιρικό CO₂ με βραδύτερο ρυθμό.
- Διάφοροι τύποι επιφανειών της γης μπορούν να απελευθερώσουν περισσότερο μεθάνιο (CH₄).

Αυτές οι αλλαγές οδηγούν σε υψηλότερες συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικών αερίων του θερμοκηπίου και συμβάλλουν στην αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη.

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων εκατό χιλιάδων ετών, τα επίπεδα του CO₂ ποικίλουν σε συνδυασμό με τους κύκλους των παγετώνων. Κατά τη διάρκεια των ζεστών «μεσοπαγετωνικών» περιόδων, τα επίπεδα του CO₂ ήταν υψηλότερα. Κατά τη διάρκεια των ψυχρών «παγετωνικών» περιόδων, τα επίπεδα του CO₂ ήταν χαμηλότερα. Η θέρμανση ή ψύξη της επιφάνειας και των ωκεανών της Γης μπορούν

να προκαλέσουν αλλαγές στις φυσικές πηγές και αναγωγή των αερίων αυτών, και έτσι αλλάζουν οι συγκεντρώσεις αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Αυτές οι μεταβαλλόμενες συγκεντρώσεις πιστεύεται ότι έχουν ενεργήσει ως μια θετική ανάδραση, ενισχύοντας τις αλλαγές της θερμοκρασίας που προκαλούνται από μακροπρόθεσμες αλλαγές στην τροχιά της Γης (WWF Ελλάς, 2009).



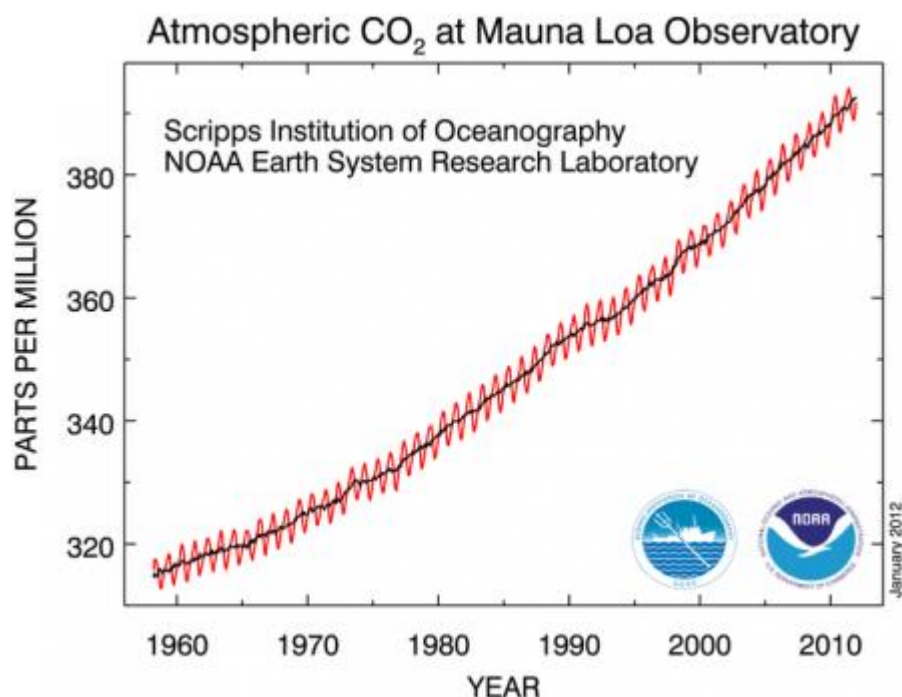
Εικόνα 2. Εκτιμήσεις της αλλαγής της συγκέντρωσης CO₂ της Γης (επάνω) και της θερμοκρασίας της Ανταρκτικής (κάτω), με βάση την ανάλυση δεδομένων πυρήνα πάγου που εκτείνονται πίσω 800 χιλιάδες χρόνια.

Δεδομένου ότι η Βιομηχανική Επανάσταση άρχισε γύρω στο 1750, οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν συμβάλει σημαντικά στην κλιματική αλλαγή με την προσθήκη του CO₂ και άλλων αερίων που παγιδεύουν τη θερμότητα στην ατμόσφαιρα. Αυτές οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου έχουν αναπτύξει περισσότερο το φαινόμενο του θερμοκηπίου και προκάλεσαν την θερμοκρασία της επιφάνειας της Γης να αυξηθεί. Η κύρια ανθρώπινη δραστηριότητα που επηρεάζει την ποσότητα και το ρυθμό της αλλαγής του κλίματος είναι οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από την καύση των ορυκτών καυσίμων για θέρμανση αλλά και για κίνηση καθώς και για άλλες λειτουργικές χρήσεις (Bangay & Blum, 2010).

Τα πιο σημαντικά αέρια του θερμοκηπίου που εκπέμπονται άμεσα από τον άνθρωπο περιλαμβάνουν το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μεθάνιο (CH₄), το υποξείδιο του αζώτου (N₂O), και διάφορα άλλα. Οι πηγές και οι πρόσφατες τάσεις των αερίων αυτών περιγράφονται παρακάτω.

Διοξείδιο του άνθρακα

Το διοξείδιο του άνθρακα είναι το κύριο αέριο του θερμοκηπίου που συμβάλλει στην πρόσφατη αλλαγή του κλίματος. Το CO₂ απορροφάται και εκπέμπεται φυσικά ως μέρος του κύκλου του άνθρακα, μέσω της φυτικής και ζωικής αναπνοής, των ηφαιστειακών εκρήξεων, και της ανταλλαγής μεταξύ ωκεανών και ατμόσφαιρας. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η καύση ορυκτών καυσίμων και οι αλλαγές στη χρήση της γης, απελευθερώνουν μεγάλες ποσότητες CO₂, που προκαλούν τις συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα να αυξάνονται (Bangay & Blum, 2010).

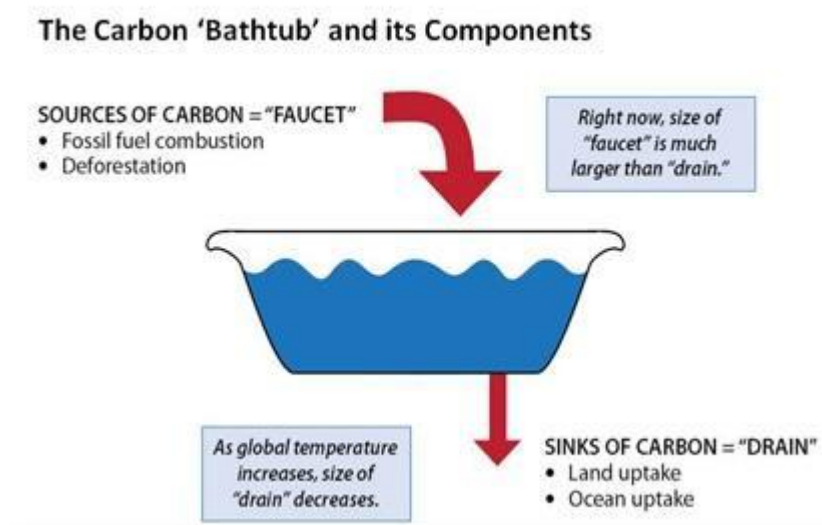


Εικόνα 3. Αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στο Mauna Loa

Οι ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις του CO₂ έχουν αυξηθεί κατά περισσότερο από 40% από την προ-βιομηχανική εποχή, από περίπου 280 μέρη ανά εκατομμύριο κατ'όγκο (ppmv) τον 18ο αιώνα, σε πάνω από 400 ppmv το 2015. Η μέση μηνιαία συγκέντρωση στο Mauna Loa έχει πλέον ξεπεράσει τα 400 ppmv για πρώτη φορά στην ανθρώπινη ιστορία. Το τρέχον επίπεδο του CO₂ είναι υψηλότερο από ό, τι ήταν σε τουλάχιστον 800.000 χρόνια.

Μερικές ηφαιστειακές εκρήξεις έχουν εκπέμψει μεγάλες ποσότητες CO₂ στο μακρινό παρελθόν. Ωστόσο, το Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης των ΗΠΑ (USGS) αναφέρει

ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες εκπέμπουν σήμερα περισσότερο από 135 φορές την ποσότητα του CO₂ από ότι τα ηφαίστεια κάθε χρόνο (Læssøe, et al. 2009).



Εικόνα 4. Παραλληλισμός της απομάκρυνσης του διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα με μια μανιέρα

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες απελευθερώνουν σήμερα πάνω από 30 δισεκατομμύρια τόνους CO₂ στην ατμόσφαιρα κάθε χρόνο. Η προκύπτουσα συσσώρευση του CO₂ στην ατμόσφαιρα είναι σαν ένα γέμισμα μιας μανιέρας με νερό, όπου περισσότερο νερό ρέει από τη βρύση από ότι η αποχέτευση μπορεί να απομακρύνει.

Μεθάνιο

Το μεθάνιο παράγεται μέσω φυσικών και ανθρώπινων δραστηριοτήτων, για παράδειγμα, των φυσικών υγροτόπων, των γεωργικών δραστηριοτήτων και της εξόρυξης ορυκτών καυσίμων και των μεταφορών. Όλες αυτές οι δραστηριότητες εκπέμπουν CH₄.

Το μεθάνιο είναι πιο άφθονο στην ατμόσφαιρα της Γης τώρα από ό, τι σε οποιαδήποτε άλλη χρονική στιγμή, τουλάχιστον τα τελευταία 800.000 χρόνια. Λόγω

των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, οι συγκεντρώσεις CH₄ αυξήθηκαν απότομα κατά το μεγαλύτερο μέρος του 20^{ου} αιώνα και είναι τώρα περισσότερο από δύομιση φορές πάνω σε σχέση με τα προ-βιομηχανικά επίπεδα. Τις τελευταίες δεκαετίες, ο ρυθμός αύξησης έχει επιβραδυνθεί σημαντικά (Læssøe, et al. 2009).

Υποξείδιο του αζώτου

Το υποξείδιο του αζώτου παράγεται μέσω φυσικών και ανθρώπινων δραστηριοτήτων, κυρίως μέσω γεωργικών δραστηριοτήτων και φυσικών βιολογικών διεργασιών. Η καύση των καυσίμων και κάποιες άλλες διαδικασίες δημιουργούν επίσης N₂O. Οι συγκεντρώσεις N₂O έχουν αυξηθεί κατά 20% περίπου από την αρχή της βιομηχανικής επανάστασης, με μια σχετικά ταχεία αύξηση προς το τέλος του 20ου αιώνα. Συνολικά, οι συγκεντρώσεις N₂O αυξήθηκαν ταχύτερα κατά τη διάρκεια του περασμένου αιώνα από ό, τι σε οποιαδήποτε στιγμή κατά τα τελευταία 22.000 χρόνια (Læssøe, et al. 2009).

Άλλα αέρια του θερμοκηπίου

Οι υδρατμοί είναι το πιο άφθονο αέριο θερμοκηπίου, αλλά και το πιο σημαντικό από την άποψη της συμβολής του στο φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου, παρά το γεγονός ότι έχει μικρή διάρκεια ζωής στην ατμόσφαιρα. Ορισμένες ανθρώπινες δραστηριότητες μπορούν να επηρεάσουν το τοπικό επίπεδο υδρατμών. Ωστόσο, σε παγκόσμια κλίμακα, η συγκέντρωση των υδρατμών ελέγχεται από τη θερμοκρασία, η οποία επηρεάζει τα συνολικά ποσοστά εξάτμισης και κατακρήμνισης. Ως εκ τούτου, η παγκόσμια συγκέντρωση των υδρατμών δεν επηρεάζεται ουσιαστικά από τις άμεσες ανθρώπινες εκπομπές.

Το τροποσφαιρικό όζον (O₃), το οποίο έχει επίσης σύντομη διάρκεια ζωής στην ατμόσφαιρα, είναι ένα ισχυρό αέριο του θερμοκηπίου. Οι χημικές αντιδράσεις δημιουργούν όζον από τις εκπομπές οξειδίων του αζώτου και των πτητικών οργανικών ενώσεων από τα αυτοκίνητα, τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας και άλλες βιομηχανικές και εμπορικές πηγές με την παρουσία ηλιακού φωτός. Εκτός από την παγίδευση της θερμότητας, το τροποσφαιρικό όζον είναι ένας ρύπος που μπορεί να προκαλέσει αναπνευστικά προβλήματα υγείας και ζημιά στις καλλιέργειες και στα διάφορα οικοσυστήματα (Bangay & Blum, 2010).

Οι χλωροφθοράνθρακες (CFC), οι υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFC), υδροφθοράνθρακες (HFCs), οι υπερφθοράνθρακες (PFC) και το εξαφθοριούχο θείο (SF₆), μαζί ονομάζονται αέρια F, που χρησιμοποιούνται συχνά σε ψυκτικούς, αφρίζοντες παράγοντες, πυροσβεστήρες, διαλύτες, φυτοφάρμακα αφρού, και προωθητικά αερολυμάτων. Σε αντίθεση με τους υδρατμούς και το όζον, τα φθοριούχα αέρια έχουν μακρά διάρκεια ζωής στην ατμόσφαιρα, και μερικές από αυτές τις εκπομπές επηρεάζουν το κλίμα για πολλές δεκαετίες ή αιώνες.

Άλλοι μετατροπείς του κλίματος

Τα σωματίδια και τα αερολύματα στην ατμόσφαιρα μπορούν επίσης να επηρεάσουν το κλίμα. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η καύση ορυκτών καυσίμων και βιομάζας συμβάλλει στις εκπομπές των ουσιών αυτών, αν και ορισμένα αερολύματα προέρχονται επίσης από φυσικές πηγές όπως τα ηφαίστεια και το θαλάσσιο πλαγκτόν.

Η αιθάλη (BC) είναι ένα στερεό σωματίδιο ή αερόλυμα, όχι αέριο, αλλά συμβάλλει επίσης στην αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας. Σε αντίθεση με τα αέρια του θερμοκηπίου, η αιθάλη μπορεί άμεσα να απορροφήσει το εισερχόμενο και αντανακλώμενο φως του ήλιου, εκτός από την απορρόφηση της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Η αιθάλη μπορεί επίσης να εναποτεθεί στο χιόνι και στον πάγο, και σκουραίνει την επιφάνεια αυξάνοντας έτσι την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας του χιονιού και την επιτάχυνση της τήξης (Bangay & Blum, 2010).

Τα θειικά, ο οργανικός άνθρακας και άλλα αερολύματα μπορούν να προκαλέσουν την ψύξη από αντανακλούν το φως του ήλιου. Τα αερολύματα θέρμανσης και της ψύξης μπορούν να αλληλεπιδράσουν με τα νέφη, αλλάζοντας μια σειρά από χαρακτηριστικά των νεφών, όπως ο σχηματισμός, η διάχυση, η ανακλαστικότητα, και η καθίζηση τους. Τα νέφη μπορούν να συμβάλουν τόσο στην ψύξη, αντανακλώντας το φως του ήλιου, όσο και στην θέρμανση, με την παγίδευση της εξερχόμενης θερμότητας (Bodansky, 1993).

1.2. Τα αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής στον άνθρωπο και το περιβάλλον

Ο πλανήτης θερμαίνεται, από τον Βόρειο μέχρι και τον Νότιο Πόλο. Από το 1906, η παγκόσμια μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια έχει αυξηθεί μεταξύ 0,6 έως 0,9

βαθμούς Κελσίου, ακόμα και περισσότερο στις ευαίσθητες πολικές περιοχές. Οι επιπτώσεις της ανόδου της θερμοκρασίας δεν είναι σε αναμονή για κάποια στιγμή στο μακρινό μέλλον. Τα σημάδια και οι επιπτώσεις της υπερθέρμανσης του πλανήτη είναι ήδη εμφανή από τώρα. Η θερμότητα λιώνει τους παγετώνες και τους θαλάσσιους πάγους, μετατοπίζοντας τα σχήματα καθίζησης, και καθιστώντας τα ζώα σε κίνηση (Anderson, 2012).

Ο πλανήτης ήδη πάσχει από ορισμένες επιπτώσεις της υπερθέρμανσής του:

- Οι πάγοι λιώνουν σε όλο τον κόσμο, ιδιαίτερα στους πόλους της Γης. Αυτό περιλαμβάνει τους παγετώνες του βουνού, τα φύλλα πάγου που καλύπτουν την Δυτική Ανταρκτική και τη Γροιλανδία, και τους πάγους της Αρκτικής θάλασσας.
- Πολλά είδη έχουν επηρεαστεί από την άνοδο των θερμοκρασιών. Για παράδειγμα, ο ερευνητής Bill Fraser έχει παρακολουθήσει την αναγωγή των πιγκουίνων της Αδελαΐδας στην Ανταρκτική, όπου οι αριθμοί τους έχουν μειωθεί από 32.000 αναπαραγωγικά ζευγάρια σε 11.000 μέσα σε 30 χρόνια.
- Η στάθμη της θάλασσας έχει αυξηθεί γρηγορότερα κατά τον τελευταίο αιώνα.
- Μερικές πεταλούδες, αλεπούδες, και αλπικά φυτά έχουν μετακινηθεί βορειότερα ή σε υψηλότερες, πιο δροσερές περιοχές.
- Το νερό της βροχής (βροχή και χιόνι) έχει αυξηθεί σε όλο τον κόσμο, κατά μέσο όρο.
- Ορισμένα χωροκατακτητικά είδη ακμάζουν. Για παράδειγμα, τα σκαθάρια του φλοιού της ερυθρελάτης βρίθουν στην Αλάσκα, χάρη στα ζεστά καλοκαίρια κατά τα τελευταία 20 χρόνια. Τα συγκεκριμένα έντομα έχουν καταφάει μέχρι 4 εκατομμύρια στρέμματα από δέντρα ερυθρελάτης.

Άλλες επιδράσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν αργότερα κατά τον αιώνα αυτό, αν η θέρμανση του πλανήτη αυξηθεί επιπλέον (Anderson, 2012):

- Η στάθμη της θάλασσας αναμένεται να αυξηθεί μεταξύ 18 με 59 εκατοστά έως το τέλος του αιώνα, και η συνεχής τήξη στους πόλους θα μπορούσε να προσθέσει επιπλέον 10 με 20 εκατοστά.
- Οι τυφόνες και άλλες καταιγίδες είναι πιθανό να γίνουν ισχυρότερες.
- Οι πλημμύρες και οι ξηρασίες θα γίνουν συχνότερες. Οι βροχοπτώσεις στην Αιθιοπία, όπου η ξηρασία είναι ήδη κοινή, θα μπορούσε να μειωθεί κατά 10% κατά τα επόμενα 50 χρόνια.
- Λιγότερο γλυκό νερό θα είναι διαθέσιμο. Εάν το φύλλο πάγου Quelccaya στο Περού συνεχίζει να λιώνει με τους σημερινούς ρυθμούς, θα εξαφανιστεί περί το 2100, αφήνοντας χιλιάδες ανθρώπους που βασίζονται σε αυτό για πόσιμο νερό και για ηλεκτρικό ρεύμα χωρίς καμία πηγή.
- Ορισμένες ασθένειες θα εξαπλωθούν, όπως η ελονοσία που προέρχεται από τα κουνούπια (και η αναζωπύρωση του ιού Ζήκα το 2016). Τα οικοσυστήματα θα αλλάξουν: ορισμένα είδη θα κινηθούν βορειότερα και θα διατηρηθούν, ενώ άλλα δεν θα είναι σε θέση να κινηθούν και θα μπορούσαν να εξαφανιστούν.
- Ο ερευνητής Martyn Obbard διαπίστωσε ότι από τα μέσα της δεκαετίας του 1980, με λιγότερο πάγο για να ζήσουν και ψάρια για τροφή, οι πολικές αρκούδες έχουν αδυνατίσει σημαντικά. Ο βιολόγος Ian Stirling έχει βρει ένα παρόμοιο μοτίβο στο Hudson Bay. Φοβάται ότι, αν ο θαλάσσιος πάγος εξαφανιστεί, το ίδιο θα γίνει και με τις πολικές αρκούδες.

1.3. Λύσεις για το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής

Πριν τη Βιομηχανική Επανάσταση, το κλίμα ρυθμιζόταν φυσιολογικά αφού δεν υπήρχαν βίαιες εξωγενείς παρεμβάσεις. Στην μετά-βιομηχανική όμως εποχή παρατηρήθηκε αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη εξαιτίας κυρίως της υπερβολικής έκλυσης διοξειδίου του άνθρακα από την εκτεταμένη χρήση ορυκτών καυσίμων αλλά και της παράλληλης αποδάσωσης.

Σύμφωνα με την επιστημονική κοινότητα δεν θα πρέπει σε καμία περίπτωση η υπερθέρμανση να ξεπεράσει τους 2 βαθμούς Κελσίου, συγκριτικά με την προβιομηχανική εποχή. Οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου -πχ από την καύση ορυκτών καυσίμων-κυρίως τις τελευταίες δεκαετίες προκαλεί τεράστιο πρόβλημα. Σήμερα η αύξηση της πλανητικής θερμοκρασίας είναι περίπου στους 0,8 βαθμούς Κελσίου υψηλότερη, συγκριτικά πάντα με την προ-βιομηχανική εποχή (Anderson, 2012).

Πιθανότατα ακόμη και μέσα στα επόμενα 30 χρόνια η υπερθέρμανση μπορεί να φτάσει τους 1,5 με 2 βαθμούς Κελσίου. Οι επιστήμονες υποστηρίζουν πως εάν φτάσουμε, ή πολύ περισσότερο ξεπεράσουμε, αυτά τα «μεγέθη», τίθενται πλέον σε λειτουργία μηχανισμοί που ουσιαστικά θα επιφέρουν μεγαλύτερη υπερθέρμανση και δεν θα έχουμε πια τη δυνατότητα να την ελέγξουμε (π.χ. μειώνεται η ικανότητα των ωκεανών να απορροφούν διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα). Πρόκειται για τις ανεξέλεγκτες κλιματικές αλλαγές (runaway climate change) και σύμφωνα με τον ΟΗΕ, ένα τέτοιο σενάριο μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της θερμοκρασίας ακόμα και μέχρι τους 6°C ως το τέλος του αιώνα. Για να γίνει καλύτερα κατανοητό, ήδη σήμερα με την αύξηση στους 0,8°C παρατηρείται ραγδαία αύξηση της συχνότητας και της έντασης των ακραίων καιρικών φαινομένων σε όλο τον πλανήτη και διακριτή αλλαγή στις εποχές. Σε μία αύξηση άνω των 4°C πλέον μέσα στον αιώνα που ζούμε θα τίθεται θέμα επιβίωσης για όλους τους έμβιους οργανισμούς εξαιτίας της ταχύτατης και βίαιης υπερθέρμανσης για τα δεδομένα του πλανήτη (Bangay & Blum, 2010).

Γιατί όταν εκλύεται διοξείδιο του άνθρακα, χρειάζονται περίπου 20-30 για να αντιδράσει το ατμοσφαιρικό σύστημα. Δηλαδή αν με κάποιο μαγικό τρόπο σταματούσαμε σήμερα όλες τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, η πλανητική θερμοκρασία θα συνέχιζε να ανέβαινε για περίπου 20 χρόνια εξαιτίας των εκπομπών που έχουμε εκλύσει τις τελευταίες δεκαετίες. Εάν συνεχίσουμε, χωρίς περιορισμούς, τις δραστηριότητες που προκαλούν την υπερθέρμανση τότε θα επέλθει υπέρβαση του «ανεκτού ορίου» και δεν θα υπάρχει πλέον δυνατότητα άμεσης επιστροφής σε φυσιολογικά επίπεδα (Anderson, 2012).

Το βασικότερο όλων σε πρώτη φάση είναι να μην ξεπεράσουμε τους 2 βαθμούς. Για να έχουμε σημαντικές πιθανότητες να μην συμβεί αυτό, οι παγκόσμιες εκπομπές

εκτιμάται πως θα πρέπει να κορυφωθούν το αργότερο ως το 2020, και στη συνέχεια θα πρέπει να αρχίσουν να μειώνονται ταχύτατα με επιθυμητό στόχο να φτάσουν και πάλι στο μηδέν, δηλ. στα προ-βιομηχανικής εποχής επίπεδα, εάν βέβαια θέλουμε να σώσουμε τον πλανήτη και να διασφαλίσουμε την ύπαρξή μας. Σύμφωνα με την 5η έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής του ΟΗΕ για τις Κλιματικές Αλλαγές (IPCC), οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από ορυκτά καύσιμα θα πρέπει να φτάσουν στο απόλυτο μηδέν το διάστημα 2050-2070. Προφανώς – και εδώ βρίσκεται η ουσία της υπόθεσης – αυτό προϋποθέτει την εγκατάλειψη νέων επενδύσεων σε ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο, λιγνίτη, άνθρακα, φυσικό αέριο) και την προώθηση επενδύσεων σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και εξοικονόμηση ενέργειας (Læssøe, et al. 2009).

Εδώ και χρόνια έχει ξεκινήσει μια προσπάθεια για την επίτευξη μιας παγκόσμιας συμφωνίας, υπό την αιγίδα του ΟΗΕ για τη αναγωγή εκπομπών αερίων που προκαλούν την υπερθέρμανση του πλανήτη στην κατεύθυνση της αναγωγής της χρήσης των ορυκτών καυσίμων και τη σταδιακή αντικατάστασή τους με καθαρές μορφές ενέργειας. Μία από τις μεγάλες ευκαιρίες που χάθηκαν ήταν αυτή κατά τη Διάσκεψη για την Κλιματική Αλλαγή στην Κοπεγχάγη. Αν και υπήρχε η πεποίθηση πως το 2009 οι χώρες θα κατέληγαν σε μια συμφωνία, η όλη προσπάθεια κατέληξε σε μια παταγώδη αποτυχία. Το ερώτημα λοιπόν που τέθηκε στη συνέχεια ήταν «Τί κάνουμε τώρα;» αφού ήταν σαφές πως εάν δεν υπάρξει συμφωνία κινδυνεύουμε να «χάσουμε» τον πλανήτη (WWF Ελλάς, 2009).

Οι χώρες του ΟΗΕ επανήλθαν και αποφάσισαν πως θα πρέπει να καταβληθεί μια νέα προσπάθεια. Το νέο χρονοδιάγραμμα προβλέπει πως το 2015 στη Διάσκεψη των Παρισίων θα πρέπει να υπάρξει μια ουσιαστική και δεσμευτική συμφωνία που θα «απαντά» στα ζητήματα της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Στη Λίμα αυτές τις μέρες διεξάγεται η τελευταία μεγάλη «συνάντηση» με τη συμμετοχή 196 χωρών και 4000 αντιπροσώπων πριν τη Διάσκεψη του Παρισιού. Όλοι καλούνται να αναλάβουν δεσμεύσεις επί βασικών ζητημάτων, στο πλαίσιο της προετοιμασίας της Διάσκεψης. Οι χώρες κατατεθούν προτάσεις για τον τρόπο, το χρονοδιάγραμμα και της αναγωγής των εκπομπών αερίων. Όπως πάντα δε στον κόσμο των διπλωματών, οι προπαρασκευαστικές συναντήσεις, όπως αυτή στη Λίμα, καθορίζουν σε σημαντικό

βαθμό και το αποτέλεσμα των μεγάλων Διασκέψεων και Συνόδων (Bangay & Blum, 2010).

Μετά την κατάθεση προτάσεων και των πρώτων συμφωνιών που «κλείνουν» στη Λίμα, ανοίγει πλέον ο δρόμος για δεσμευτικές αποφάσεις στο Παρίσι. Ένα όμως από τα προβλήματα σε τέτοιου είδους διπλωματικές συναντήσεις είναι πως ουσιαστικά διεξάγεται ένα «παζάρι». Αρκετές χώρες αναμένουν από άλλες - και κυρίες τις χώρες με ισχυρές οικονομίες που παράλληλα είναι και οι μεγάλοι ή/και ιστορικοί ρυπαντές, όπως οι ΗΠΑ και η Κίνα-να δεσμευθούν πρώτα οι ίδιοι για μειώσεις, αλλά και για παροχή χρηματοδότησης προς τον αναπτυσσόμενες χώρες. Η χρηματοδότηση αυτή θεωρείται απαραίτητη για να αντιμετωπιστούν κάποιες από τις αναπόφευκτες συνέπειες των κλιματικών αλλαγών στις φτωχότερες χώρες που δεν φέρουν «ιστορική ευθύνη».

Οι χώρες που μετέχουν είναι χωρισμένες σε γκρουπ. Υπάρχουν αυτές που είναι και οι μεγάλοι ρυπαντές του πλανήτη με ισχυρές οικονομίες, όπως η Κίνα και οι ΗΠΑ (ευθύνονται περίπου για το 42% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου) οι οποίες στην πραγματικότητα δεν «προσφέρουν» ανάλογα με το μέγεθός τους ούτε στο Πράσινο Ταμείο του ΟΗΕ ούτε σε επίπεδο δεσμεύσεων για τη αναγωγή των αερίων. Μαζί με τις ΗΠΑ, χώρες όπως η Αυστραλία, η Ρωσία, η Ιαπωνία κ.α. φαίνεται επίσης να μην επιθυμούν την επίτευξη μιας νομικά δεσμευτικής συμφωνίας σε αντίθεση με την Ε.Ε. Παράλληλα, οι αναπτυσσόμενες χώρες όπως η Βραζιλία, η Κορέα, το Μεξικό κ.α., υποστηρίζουν πως οι χώρες με τις ισχυρές οικονομίες θα πρέπει να αναλάβουν περισσότερες δεσμεύσεις και να βάλουν βαθιά το χέρι στην τσέπη για να στηριχθεί το Πράσινο Ταμείο του ΟΗΕ. Παράλληλα όμως οι ίδιες χώρες διεκδικούν και «αποζημιώσεις» για τις συνέπειες που έχουν υποστεί από τις επιβαρυντικές για το κλίμα δραστηριότητές στις οποίες επιδίδονται επί σειρά δεκαετιών οι ανεπτυγμένες χώρες. ΗΠΑ και Ε.Ε. αντιμάχονται αυτή τη διεκδίκηση με όλες τους τις δυνάμεις (Anderson, 2012).

Το μεγαλύτερο πρόβλημα στην πραγματικότητα είναι η βιομηχανία των ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, λιγνίτης άνθρακας κλπ). Οι γιγάντιες αυτές εταιρείες κρατούν και τα ινία της οικονομίας και κατά συνέπεια έχουν τη δυνατότητα να επηρεάζουν τις κυβερνήσεις. Αυτό παρά το γεγονός πως η στροφή στην καθαρή ενέργεια μεταφράζεται σε τεράστιες επενδύσεις, με οικονομικά οφέλη για όλες τις χώρες,

δημιουργία μεγάλου αριθμού νέων θέσεων εργασίας κοκ τα οποία φυσικά μεταφράζονται σε αύξηση του δείκτη ανταγωνιστικότητας και ανάπτυξης.

Η γνωστή σε όλους Διεθνής Συνθήκη με το όνομα «Πρωτόκολλο του Κιότο» (1997), είναι και η μόνη συμφωνία παγκοσμίως, για τον περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου. Το πρωτόκολλο είναι ένα πρώτο βήμα για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και αποτελεί τη βάση για το πώς πρέπει να πορευτεί η ανθρωπότητα, για το πώς πρέπει να δράσει σε τοπικό, σε εθνικό και διεθνές επίπεδο ενάντια στην αλλαγή του κλίματος και για τις προσεχείς δεκαετίες. Προκειμένου να αντιμετωπιστεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η αλλαγή του κλίματος, τα κράτη που υπογράφουν την συμφωνία δεσμεύονται με υποχρεωτικούς στόχους αναγωγής των εκπομπών των Αερίων του Φαινομένου του Θερμοκηπίου (ΑΦΘ) μέσω της υπογραφής ενός πρωτοκόλλου (Anderson, 2012).

Το Πρωτόκολλο του Κιότο μπήκε σε εφαρμογή το 2005. Έχει επικυρωθεί συνολικά από 184 χώρες μέχρι σήμερα (1η Ιουνίου 2009). Δεν το έχουν υπογράψει ακόμα οι Η.Π.Α., παρόλο που αποτελούν τον μεγαλύτερο ρυπαντή παγκοσμίως (εκπέμπουν το 1/4 των συνολικών εκπομπών CO₂ παγκοσμίως - 5,41 δις. τόνους CO₂ετησίως). Στα κράτη που το υπογράφουν αντιστοιχούν εκπομπές στο 63,7% περίπου των συνολικών εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (WWF Ελλάς, 2009).

Το Πρωτόκολλο του Κιότο, ορίζει δεσμευτικούς στόχους για μειώσεις των αερίων του θερμοκηπίου. Οι χώρες δεσμεύονται να μειώσουν, στη διάρκεια της περιόδου 2008-2012, τις εκπομπές των έξι αερίων του θερμοκηπίου [το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μεθάνιο (CH₄), το υποξείδιο του αζώτου (N₂O), και οι υδροφθοράνθρακες (HFCs, PFCs, SF₆)], τουλάχιστον κατά 5% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Το πιο σημαντικό από αυτά είναι το διοξείδιο του άνθρακα το οποίο ευθύνεται για το 55% της έντασης του φαινομένου του θερμοκηπίου, ενώ οι Χλωροφθοράνθρακες ευθύνονται για το 25%, το μεθάνιο για το 15% και το Οξείδιο του αζώτου για 5%. Το ποσοστό συμμετοχής του όζοντος δεν έχει ακόμη ποσοτικοποιηθεί. Κύριες πηγές παραγωγής του CO₂ είναι η καύση των ορυκτών καυσίμων (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) για τη βιομηχανία, τις μεταφορές, τη θέρμανση, την παραγωγή ηλεκτρισμού και το μαγείρεμα.

Κάθε κράτος αναλαμβάνει διαφορετικό ποσοστό αναγωγής εκπομπών στο πλαίσιο του γενικού στόχου. Για να επιτευχθεί ο γενικός στόχος δημιουργήθηκαν μια σειρά από «ευέλικτους μηχανισμούς», όπως το Σύστημα Εμπορίας Εκπομπών, ο Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης και η από κοινού Υλοποίηση. Ο κύριος μηχανισμός είναι το Εμπόριο Δικαιωμάτων Εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου και προβλέπει την εθνική υποχρέωση για αναγωγή των εκπομπών σύμφωνα με βάση ένα εθνικό ανώτατο όριο εκπομπών. Αν μια χώρα δεν εκπέμψει εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που να φθάνουν το ανώτατο όριο εκπομπών που της αναλογεί, μπορεί να πουλήσει το αχρησιμοποίητο μέρος των εκπομπών της σε κάποια άλλη χώρα που έχει ξεπεράσει το δικό της επιτρεπτό ανώτατο όριο εκπομπών. Κάποιες χώρες συμφώνησαν να μειώσουν τις εκπομπές τους, άλλες να περιορίσουν την αύξησή τους και άλλες να τις κρατήσουν σταθερές σε σχέση με τις εκπομπές τους το 1990. Επίσης, κάθε χώρα μπορεί να αφαιρεί από το ποσοστό-στόχο της το CO₂ που απορροφάται από τις λεγόμενες «καταβόθρες CO₂», όπως είναι τα δάση και η καλλιεργήσιμη γη (Anderson, 2012).

Η τελευταία Παγκόσμια Διάσκεψη του ΟΗΕ για το Κλίμα πραγματοποιήθηκε το Δεκέμβριο του 2007 στο Μπαλί με τη συμμετοχή 187 χωρών, κατέληξε σε μία συμβιβαστική συμφωνία για τη διαδικασία διαβούλευσης, ώστε να συνταχθεί γενικά αποδεκτό κείμενο προτάσεως αναγωγής των εκπομπών ΑΦΘ στην επόμενη δεκαετία. Το επόμενο ραντεβού έχει κλειστεί στην Κοπενχάγη στις 7 Δεκεμβρίου του 2009.

Το 2002, η Ευρωπαϊκή Ένωση των 15 επικύρωσε το Πρωτόκολλο του Κιότο και δεσμεύθηκε για συνολική αναγωγή των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κατά 8% την περίοδο 2008 – 2012. Στο Ευρωπαϊκό Συμβούλιο του Μαρτίου 2007, υιοθετήθηκε μονομερώς ένα πιο προωθημένο και ολοκληρωμένο πρόγραμμα για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Το πρόγραμμα αυτό αποσκοπεί στο να μην υπερβεί η μέση αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη τους 2 °C μέχρι το 2100, σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα (1850), καθώς πέραν των 2 °C, αυξάνονται σημαντικά οι πιθανότητες να σημειωθεί επικίνδυνη και απρόβλεπτη κλιματική μεταβολή. Ο στόχος του προγράμματος απαιτεί σημαντικές μειώσεις εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και μετά το 2012, δηλαδή και μετά το πέρας της ισχύος του Πρωτοκόλλου του Κιότο, αρχικά από τα αναπτυγμένα κράτη και μακροπρόθεσμα από όλα τα κράτη παγκοσμίως (Anderson, 2012).

Το πρόγραμμα της Ε.Ε. για την κλιματική αλλαγή περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων:

- την ενοποίηση των ενεργειακών και περιβαλλοντικών στόχων,
- την εξοικονόμηση ενέργειας κατά 20% μέχρι το 2020,
- τη αναγωγή μονομερώς των εκπομπών CO₂ από την ενέργεια κατά τουλάχιστον 20% μέχρι το 2020 σε σχέση με το 1990, και εφόσον άλλες χώρες εκτός Ε.Ε. αναλάβουν αντίστοιχες δεσμεύσεις αναγωγής των εκπομπών τους, μέχρι και 30%,
- τον υποχρεωτικό στόχο 20% της ενέργειας από ΑΠΕ μέχρι το 2020,
- την υποχρεωτική χρήση 10% βιοκαυσίμων στα καύσιμα για μεταφορές μέχρι το 2020.

Ο διακανονισμός των επιμέρους υποχρεώσεων, και ο συγκεκριμένος στόχος κάθε χώρας καθορίζεται εσωτερικά με απόφαση καταμερισμού.

Το ευρωπαϊκό σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (ETS)», είναι ένα «σύστημα ανώτατου ορίου και εμπορίας» που σημαίνει ότι τα δικαιώματα κατανέμονται στις επιχειρήσεις από τις εθνικές κυβερνήσεις και ότι τα εθνικά σχέδια υπόκεινται στην έγκριση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Με το σύστημα αναπτύσσεται μια αγορά δικαιωμάτων εκπομπών άνθρακα και οι επιχειρήσεις μπορούν να πωλούν δικαιώματα, εάν μειώσουν τις εκπομπές τους, ή να τα αγοράζουν, εάν τα δικαιώματά τους δεν επαρκούν για την κάλυψη των εκπομπών τους. Το σύστημα αυτό καλύπτει περίπου 10 000 βιομηχανικές μονάδες σε ολόκληρη την Ε.Ε., που περιλαμβάνουν εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, διυλιστήρια πετρελαίου και χαλυβουργεία και παράγουν σχεδόν τις μισές εκπομπές CO₂ στην Ε.Ε. (Læssøe, et al. 2009).

Η σχέση κλιματικής αλλαγής και ενεργειακής πολιτικής έγινε εντονότερη μιας και οι εγκαταστάσεις έντασης ενέργειας εκπέμπουν το μισό της ρύπανσης στην Ευρώπη. Η ενεργειακή πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης, στο παρελθόν απέβλεπε στη παραγωγή ενέργειας, με ελαχιστοποίηση της εξάρτησης, κυρίως από τα ορυκτά καύσιμα με τα νεότερα μέτρα ενσωματώνεται και η αντιμετώπιση των επειλούμενων κλιματικών αλλαγών. Η εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών

ενέργειας μαζί με την εξοικονόμηση ενέργειας αποτελούν το κυριότερο μέσο για την επίτευξη του διττού στόχου της αναγωγής των εκπομπών και της ενίσχυσης της ενεργειακής ασφάλειας. Σήμερα το μερίδιο της ανανεώσιμης ενέργειας στην τελική κατανάλωση ενέργειας στην Ε.Ε. είναι 8,5% και ο στόχος είναι να αυξηθεί στο 20%. Σε συνδυασμό, πρέπει να εξοικονομηθεί το 20% της κατανάλωσης ενέργειας έως το 2020 με την ενεργειακή αποδοτικότητα.

Η Ελλάδα είναι πλήρως συμβαλλόμενο μέρος της Σύμβασης για τις κλιματικές αλλαγές και έχει κυρώσει το Πρωτόκολλο με το νόμο (Ν. 3017/2002). Στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου του Κιότο, η Ελλάδα δεσμεύτηκε για τον περιορισμό της αύξησης των εκπομπών ΑΦΘ κατά την περίοδο 2008 - 2012 στο +25% σε σχέση με τις εκπομπές βάσης (εκπομπές 1990 για CO₂, CH₄ και N₂O - εκπομπές 1995 για HFCs, PFCs, SF₆), και κύρωσε το Πρωτόκολλο το 2002 με το νόμο 3017/2002 (WWF Ελλάς, 2009).

Το 2002 η Κυβέρνηση διαμόρφωσε το β' Εθνικό Πρόγραμμα για την Κλιματική Αλλαγή (2000-2010) για την επίτευξη του στόχου περιορισμού των εκπομπών των 6 ΑΦΘ (CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆) στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου του Κιότο (+25% σε σχέση με τις εκπομπές βάσης). Το β' Εθνικό Πρόγραμμα εγκρίθηκε με την Πράξη Υπουργικού Συμβουλίου υπ. αρ. 5/27-2-2003 (WWF Ελλάς, 2009).

Τον Δεκέμβριο του 2006, το ΥΠΕΧΩΔΕ παρουσίασε ένα Αναθεωρημένο Σχέδιο Αναγωγής των Εκπομπών, το οποίο περιλάμβανε εκτιμήσεις της απόδοσης των πολιτικών και μέτρων που περιλαμβάνονται στο β' Εθνικό Σχέδιο αναγωγής εκπομπών συν μερικά νέα προτεινόμενα μέτρα. Το μέσο ετήσιο συνολικό δυναμικό αναγωγής των εκπομπών ΑΦΘ για την περίοδο 2008-2012 από την εφαρμογή πρόσθετων πολιτικών και μέτρων ανέρχεται σε 14,0 Mt CO₂ eq, εκ των οποίων πάνω από το 50% προέρχεται από την εφαρμογή του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (7,4 Mt CO₂ eq) (WWF Ελλάς, 2009).

Με το 2ο αναθεωρημένο Εθνικό Σχέδιο απαιτείται από 150 επιχειρήσεις -που συμμετέχουν κατά 54% στην εκπομπή αερίων θερμοκηπίου- να μειώσουν κατά 8,9% τις εκπομπές τους κατά την περίοδο 2008-2012. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, με απόφασή της, ζητά επιπλέον αναγωγή των συνολικών εκπομπών των επιχειρήσεων αυτών, όπως ζητά και από τα άλλα Κράτη - Μέλη.

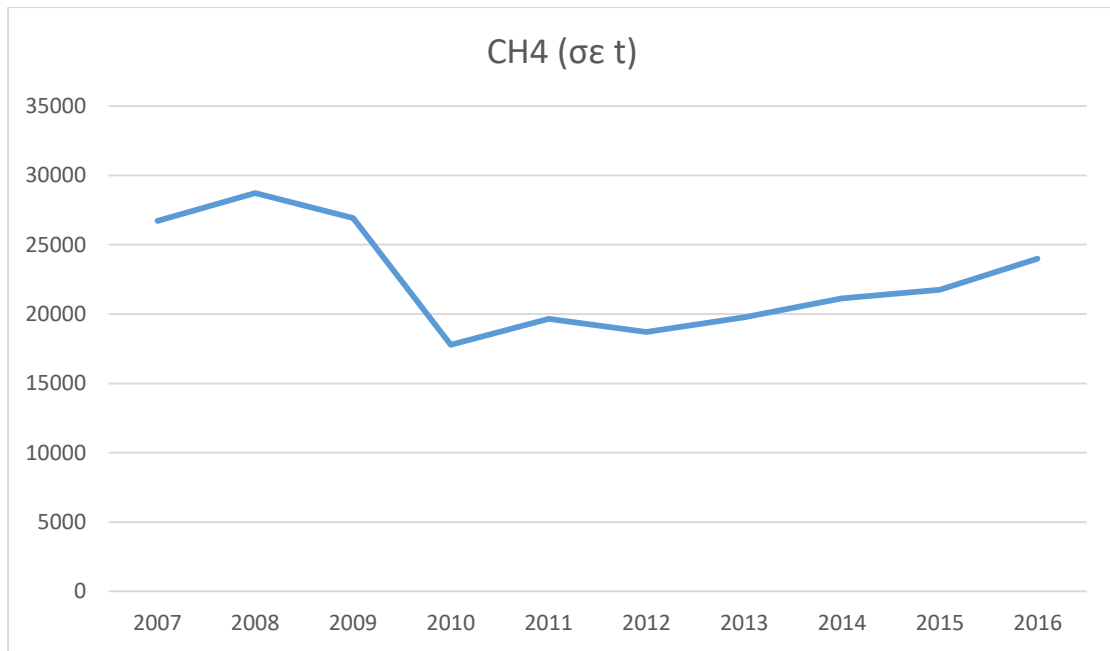
Οι πρώτες εκτιμήσεις (Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών) δείχνουν ότι αν συνεχιστεί ο σημερινός ρυθμός αύξησης των εκπομπών, η χώρα μας δεν πρόκειται να εκπληρώσει τις υποχρεώσεις της απέναντι στο Πρωτόκολλο του Κιότο, δίχως την αγορά δικαιωμάτων από άλλη χώρα (Bangay & Blum, 2010).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑΣ ΔΕΚΑΕΤΙΑΣ

Σύμφωνα με τα δεδομένα του European Pollutant Release and Transfer Register, οι κυριότερες βιομηχανικές δραστηριότητες της Ελλάδας είναι ο ενεργειακός τομέας, η βιομηχανία ορυκτών, η βιομηχανία χημικών, η διαχείριση αποβλήτων και η εντατική κτηνοτροφική και λοιπή ζωική παραγωγή. Στα παρακάτω γραφήματα παρουσιάζεται η εναλλαγή των μεγεθών των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τους προαναφερθέντες τομείς της βιομηχανίας της Ελλάδας κατά την τελευταία δεκαετία.

Πίνακας 1. Τιμές (σε τόνους) των εκπομπών μεθανίου στην διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, Πηγή: e-PRTR

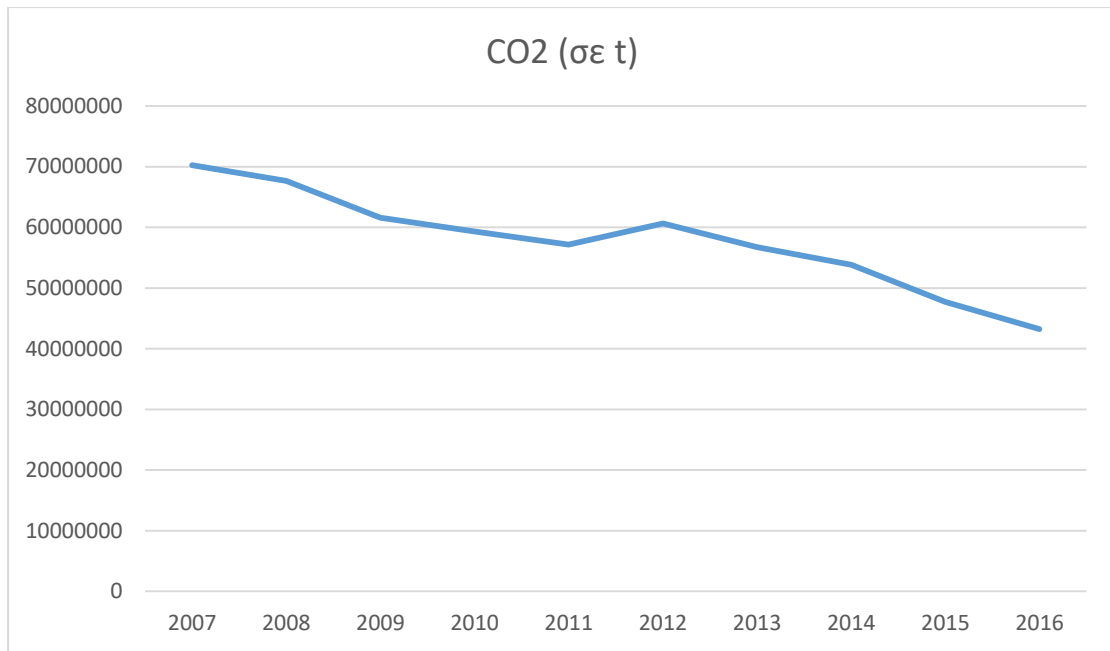
Χρονολογία	CH ₄ (σε t)
2007	26705
2008	28724
2009	26922
2010	17794
2011	19643
2012	18713
2013	19760
2014	21139
2015	21760
2016	23981



Διάγραμμα 1. Εξέλιξη των εκπομπών μεθανίου στην διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, Πηγή: e-PRTR

Πίνακας 2. Τιμές (σε τόνους) των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, Πηγή: e-PRTR

Χρονολογία	CO2 (σε t)
2007	70242000
2008	67637000
2009	61605000
2010	59305000
2011	57159000
2012	60645000
2013	56745000
2014	53829000
2015	47709000
2016	43209000

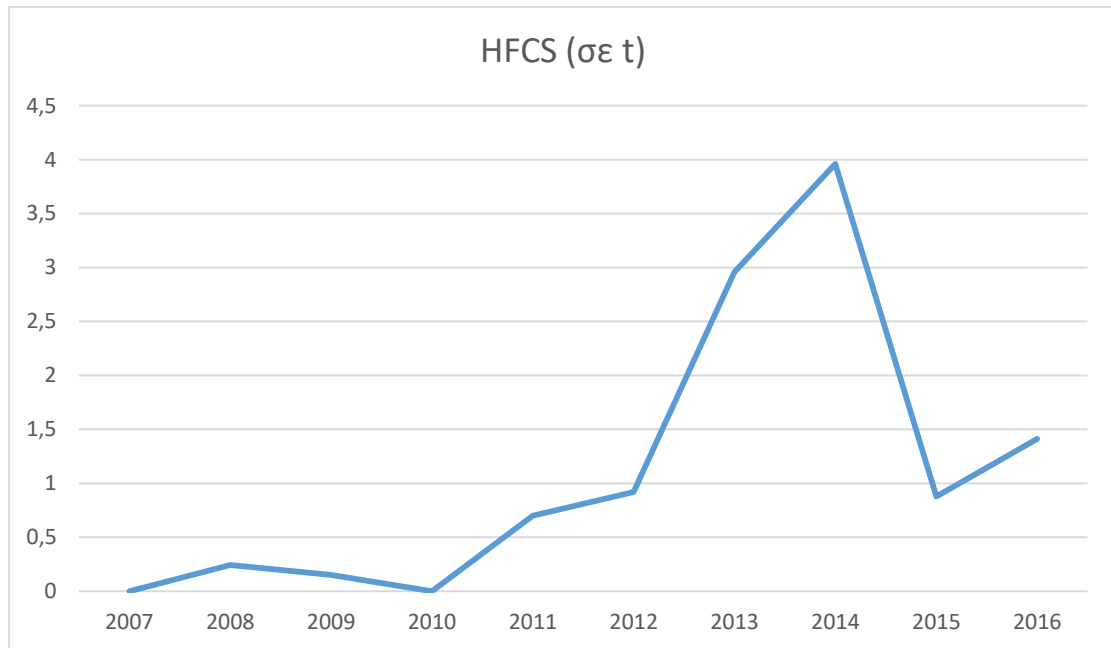


Διάγραμμα 2. Εξέλιξη των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, Πηγή: e-PRTR

Πίνακας 3. Τιμές (σε τόνους) των εκπομπών υδροφθορανθράκων στην διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, Πηγή: e-PRTR

Χρονολογία	HFCS (σε t)
2007	0
2008	0,243
2009	0,15
2010	0
2011	0,7
2012	0,918
2013	2,959
2014	3,96

2015	0,878
2016	1,411

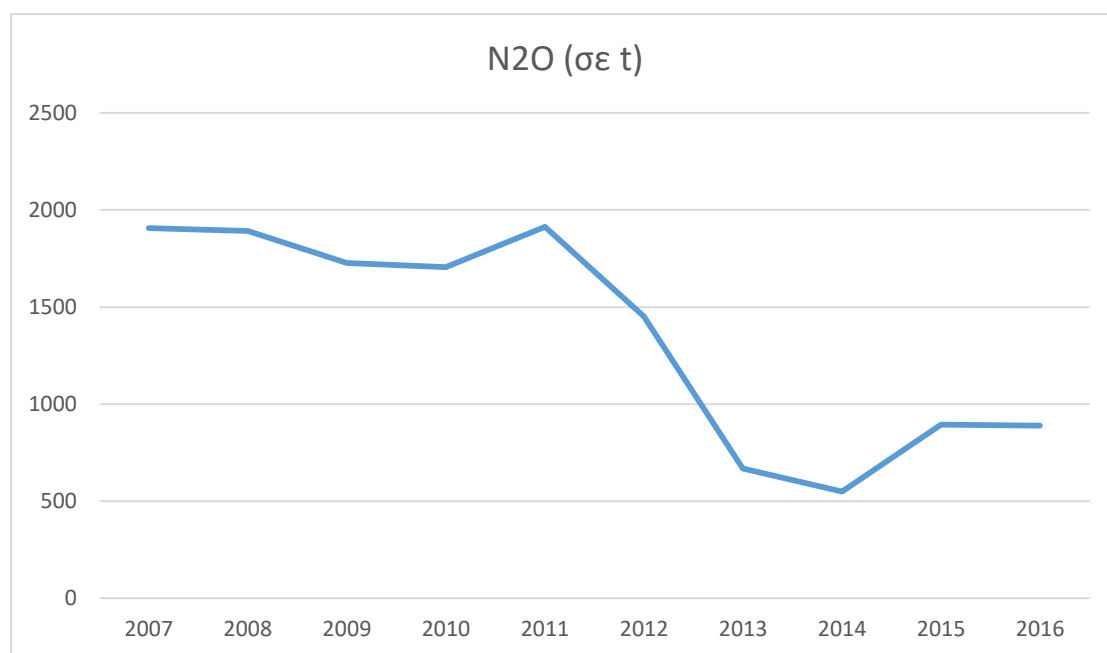


Διάγραμμα 3. Εξέλιξη των εκπομπών υδροφθορανθράκων στην διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, Πηγή: e-PRTR

Πίνακας 4. Τιμές (σε τόνους) των εκπομπών διοξειδίου του αζώτου στην διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, Πηγή: e-PRTR

Χρονολογία	N ₂ O (σε t)
2007	1906,5
2008	1891,8
2009	1726,3
2010	1705,3
2011	1912,2

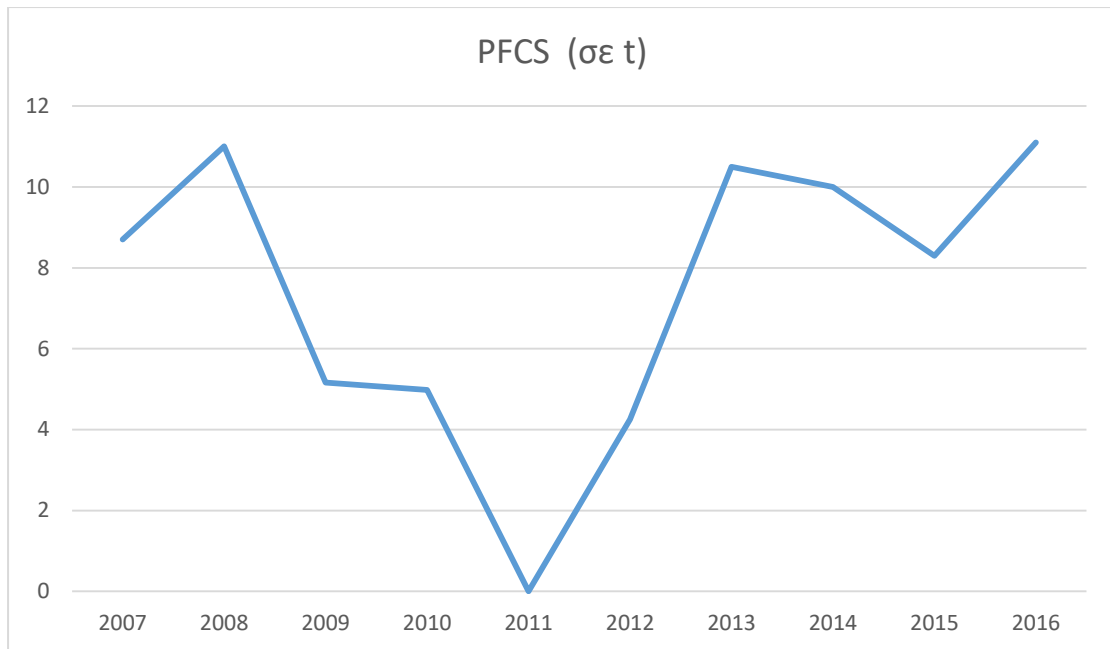
2012	1450,8
2013	669
2014	550,2
2015	893,8
2016	889



Διάγραμμα 4. Εξέλιξη των εκπομπών διοξειδίου του αζώτου στην διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, Πηγή: e-PRTR

Πίνακας 5. Τιμές (σε τόνους) των εκπομπών υπερφθορανθράκων στην διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, Πηγή: e-PRTR

Χρονολογία	PFCS (σε t)
2007	8,7
2008	11
2009	5,16
2010	4,98
2011	0
2012	4,25
2013	10,5
2014	10
2015	8,3
2016	11,1

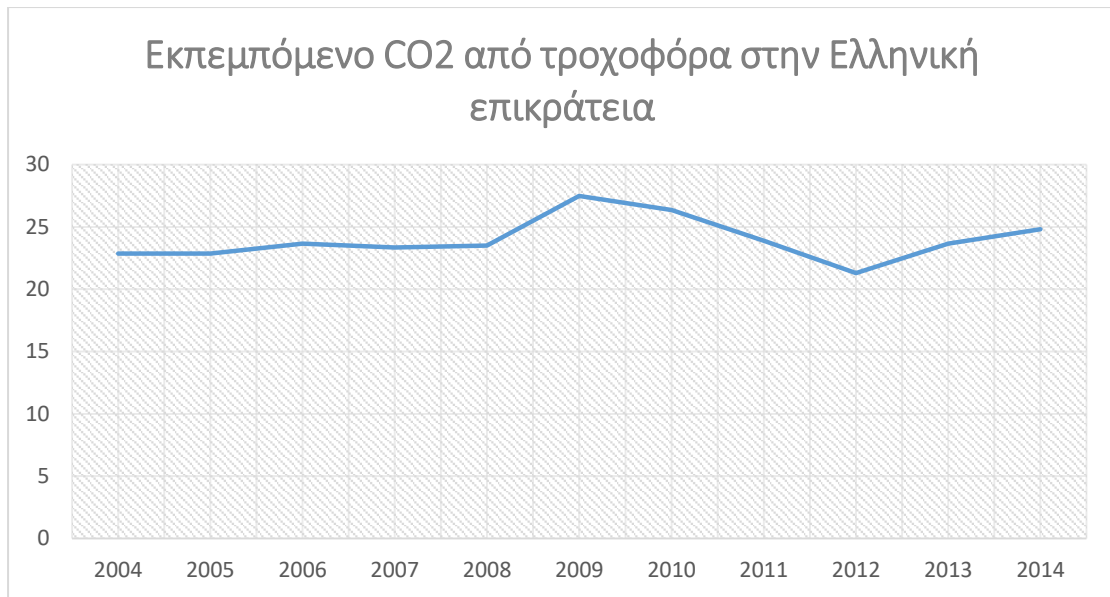


Διάγραμμα 5. Εξέλιξη των εκπομπών υπερφθορανθράκων στην διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, Πηγή: e-PRTR

Στο σημείο αυτό παρουσιάζεται το γράφημα των υπολογισμών των εκπεμπόμενων ρύπων CO₂ για την ελληνική επικράτεια από τα τροχοφόρα οχήματα. Το αποτέλεσμα παρουσιάζεται ως ποσοστό της συνολικής καύσης καυσίμου, θεωρώντας την πλειονότητα των οχημάτων ως βενζινοκίνητα κατόπιν της οδηγίας της εκφώνησης. Ο υπολογισμός πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας τον ακόλουθο τύπο: Εκπεμπόμενο CO₂ από τροχοφόρα για την Ελληνική επικράτεια = Εκπεμπόμενο CO₂ ανά τροχοφόρο (με ένα μέσο ημερήσιο αριθμό χιλιομέτρων) x Αριθμός τροχοφόρων x 365. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι ενώ για τα δεδομένα που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη ενότητα υπήρχε διαθεσιμότητα για τα έτη 2007 – 2016, για τα δεδομένα που διατίθενται για τον υπολογισμό των εκπομπών CO₂ από τα τροχοφόρα οχήματα στην Ελληνική επικράτεια, υπήρχε διαθεσιμότητα αριθμών μέχρι το 2014, συνεπώς επιλέχθηκε η δεκαετία 2004 – 2014. Τα νούμερα φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 6. Εξέλιξη ποσοστού εκπεμπόμενου CO₂ από τροχοφόρα οχήματα στην Ελληνική επικράτεια, Πηγή: e-PRTR

Χρονολογία	Εκπεμπόμενο CO₂
2004	22,8672226
2005	22,8757483
2006	23,6643654
2007	23,3462638
2008	23,5063559
2009	27,4803237
2010	26,3485975
2011	23,9016673
2012	21,3006231
2013	23,6609087
2014	24,8026715



Διάγραμμα 6. Εξέλιξη ποσοστού εκπεμπόμενου CO₂ από τροχοφόρα οχήματα στην Ελληνική επικράτεια, Πηγή: e-PRTR

Όπως παρατηρείται από τα παραπάνω γραφήματα, σχεδόν για όλα τα αέρια θερμοκηπίου, παρατηρείται μια πτώση μεταξύ των ετών 2009 – 2012, τα οποία στην συνέχεια φαίνονται και πάλι να έχουν ανοδική πορεία. Συγκεκριμένα, για το μεθάνιο οι τιμές κινούνται υψηλά, εκτός του 2010 που παρατηρείται μια σημαντική πτώση και γενικά μέχρι το 2012 οι τιμές κινούνται στο χαμηλότερο επίπεδο, ενώ μετά αυξάνονται και πάλι. Το διοξείδιο του άνθρακα όπως φαίνεται τόσο από τις εκπομπές των διάφορων βιομηχανικών τομέων όσο και από το ποσοστό εκπομπής από τα τροχοφόρα οχήματα στην Ελληνική επικράτεια, αποτελεί το αέριο του θερμοκηπίου με τις σημαντικότερες εκπομπές καθώς γενικά η ποσότητα που εκπέμπεται έχει τεράστια διαφορά από τις εκπεμπόμενες ποσότητες των υπολοίπων αερίων. Συνεπώς θα συμπεράινε κανείς ότι είναι σημαντικό να ληφθούν μέτρα, με την χρήση φίλτρων και των περιορισμό των ρυπογόνων δραστηριοτήτων στην βιομηχανία, ενώ εξίσου σημαντική είναι και η στροφή της αυτοκινητοβιομηχανίας στην κατασκευή οχημάτων με εναλλακτικούς τύπους ενέργειας, όπως τα ηλεκτροκίνητα ή τα υβριδικά αυτοκίνητα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΚΥΚΛΟΙ ΟΔΗΓΗΣΗΣ

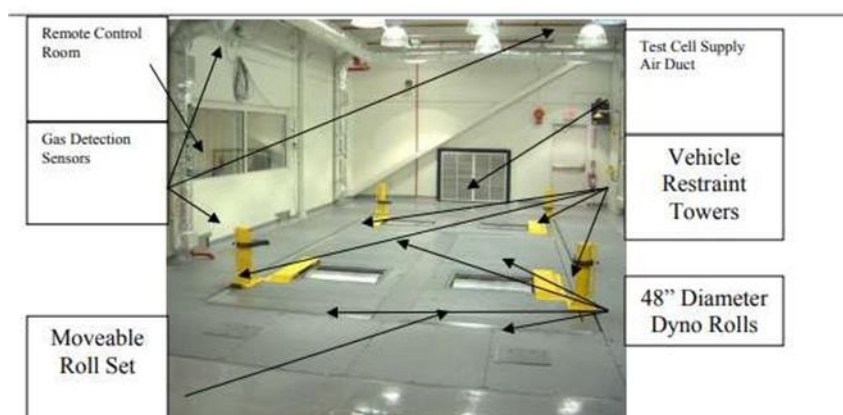
3.1. Μελέτη Οδηγικής Συμπεριφοράς

Η διαδικασία μελέτης της οδικής συμπεριφοράς καθώς και οι συνέπειες της στην κατανάλωση καυσίμου και στις εκπομπές των ρύπων μπορεί να ερευνηθεί με τους παρακάτω τρόπους.

Είναι μια σειρά από ειδικά όργανα που είναι τοποθετημένα πάνω στο όχημα και τα οποία μετράνε τις εκπομπές ρύπων του οχήματος. Συνολικό βάρος αυτής της φορητής μονάδας είναι 30 με 150 κιλά περίπου.

Συγκεκριμένα μετριοούνται οι συγκεντρώσεις των οξειδίων του αζώτου(NO_x), του μονοξειδίου του άνθρακα(CO) των άκαυστων υδρογονανθράκων(HC) αλλά και των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα(CO_2). Οι συγκεντρώσεις των ρύπων αυτών είναι μεγαλύτεροι συνήθως συγκριτικά από αυτές που προκύπτουν από άλλες μεθόδους.

Τα πλεονεκτήματα αυτών των φορητών μονάδων είναι ότι μικρές σε μέγεθος και οικονομικές στη αγορά. Μπορούν εύκολα να εγκατασταθούν στο όχημα. Επίσης μετράνε τους ρύπους σε συνθήκες πραγματικής οδήγησης στους δρόμους και συνεπώς οι μετρήσεις τους είναι πιο αντιπροσωπευτικές από αυτές της δυναμομετρικής εξέδρας.



Στα αρνητικά είναι ότι επιβαρύνουν το όχημα με επιπλέον μάζα και αυτό μπορεί να φέρει μικρές αποκλίσεις στις μετρήσεις συγκεντρώσεων των ρύπων. Επίσης οι

μετρήσεις γίνονται σε μικρότερη γκάμα θερμοκρασιών και δεν διαθέτει επίσημα πρωτόκολλα για την χρήση τους και συνεπώς απαιτούν την προσεκτική χρήση τους.

Η δυναμομετρική εξέδρα χρησιμοποιείται για να υπολογιστούν οι εκπεμπόμενοι ρύποι, η κατανάλωση καυσίμου ενός οχήματος. Χρησιμοποιώντας διαφορετικό καύσιμο στο ίδιο όχημα και επαναλαμβάνοντας το ίδιο προφίλ ταχύτητας χρόνου εξάγονται συμπεράσματα για την ποιότητα του καυσίμου. Ανάλογα πειράματα μπορούν να γίνουν κάτω από τις ίδιες συνθήκες στα ίδια οχήματα για την βελτιστοποίηση ενός κινητήρα.

Υπάρχουν δύο είδη δυναμομετρικής εξέδρας:

Δυναμομετρική εξέδρα πλαισίων. Σε αυτήν την εξέδρα τοποθετούνται τα ελαφρύτερα οχήματα. Ένας επαγγελματίας οδηγός οφείλει να ακολουθεί πιστά το προφίλ ταχυτήτων του κύκλου οδήγησης που ακολουθεί. Για τη διευκόλυνση του μπορεί να βλέπει τις απαιτούμενες μεταβολές ταχυτήτων στην οθόνη ενός υπολογιστή.

Το όχημα είναι ακινητοποιημένο και κατά την οδήγηση του περιστρέφονται μόνο οι τροχοί του. Οι τροχοί του οχήματος τοποθετούνται πάνω σε κυλίνδρους έλξης οι οποίοι εφαρμόζουν τριβή και αεροδυναμική αντίσταση έτσι ώστε να προσομοιώνονται οι πραγματικές συνθήκες οδήγησης. Υπάρχει το Control System των πίσω τροχών που καθορίζει την κίνηση όλης της εξέδρας. Οι ρύποι μετριοούνται σε g/km στα οχήματα που τοποθετούνται πάνω σε αυτήν την εξέδρα.

Δυναμόμετρο κινητήρων

Σε αυτήν την εξέδρα δεν τοποθετείται όλο το όχημα αλλά μόνο ο κινητήρας του οχήματος. Σε αυτήν την εξέδρα τοποθετούνται οι κινητήρες βαρύτερων οχημάτων καθώς η δυναμομετρική εξέδρα πλαισίων δε θα τα άντεχε. Οι ρύποι μετριοούνται σε g/KWh. Σε αυτήν την μέθοδο το δυναμόμετρο οφείλει να προσομοιώνει τις μεταβολές της ροπής του κινητήρα.



Η συλλογή των καυσαερίων γίνεται με τη δειγματοληψία σταθερού όγκου CVS(Constant Volume Sampling). Συγκεκριμένα το καυσαέριο μεταφέρεται σε μια σήραγγα αραιώσης στην οποία αναμειγνύεται και με εξωτερικό αέρα. Ο αέρας πριν εισέλθει σε αυτήν την σήραγγα έχει φιλτραριστεί. Η δειγματοληψία των καυσαερίων γίνεται από το μέρος της σήραγγας αυτό στο οποίο το καυσαέριο και ο αέρας είναι καλά αναμειγμένα. Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) , τα οξείδια του αζώτου (NOx) και οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες οδηγούνται σε αναλυτή καυσαερίων. Αντίθετα τα αιωρούμενα σωματίδια(PM) οδηγούνται σε διαφορετικό σάκο, συσσωρεύονται και στο τέλος της εκτέλεσης μετριοούνται οι συγκεντρώσεις του. Το μονοξείδιο (CO) και το διοξείδιο του άνθρακα(CO₂) μετριοούνται συνεχώς και στο τέλος του κύκλου υπολογίζονται οι μέσες τιμές τους.

Σε αντίθεση με τα PEMS μετρείται και η μάζα των αιωρούμενων σωματιδίων και επίσης είναι πιο εύκολο να ερευνηθούν πιθανόν αλλαγές είτε στην σύσταση του καυσίμου είτε στο προφίλ των ταχυτήτων πώς θα επηρεάσουν τα τελικά αποτελέσματα.

Μελέτες πραγματικής οδήγησης

Σε αυτήν την περίπτωση αναθέτονται σε επιλεγμένους οδηγούς να κάνουν κάποια καθορισμένα καθημερινά δρομολόγια. Όμως ο κάθε οδηγός εκτελεί τα δρομολόγια αυτά με δικό του όχημα. Συνεπώς υπάρχουν πολλοί παράμετροι που μπορούν να διαφοροποιήσουν την οδήγηση. Πρώτον το διαφορετικό όχημα, ο διαφορετικός τρόπος οδήγησης από κάθε οδηγό, οι διαφορετικές καιρικές συνθήκες, οι διαφορετικές κυκλοφορικές συνθήκες και οι διαφορετικές ώρες οδήγησης είναι κάποιες από αυτές τις παραμέτρους. Σε κάθε διαδρομή γίνεται καταγραφή

χαρακτηριστικών οδήγησης για να εξαχθούν τελικά συμπεράσματα. Συνεπώς οι έρευνες αυτές είναι πιο γενικού ενδιαφέροντος και δεν μπορούν να εκτιμήσουν σωστά την κατανάλωση καυσίμου.

Δοκιμές οδήγησης

Ένας περιορισμένος αριθμός οδηγών εκτελεί διαδρομές στις οποίες κάποια χαρακτηριστικά είναι προκαθορισμένα, όπως για παράδειγμα η ώρα οδήγησης. Αδυνατούν να μελετήσουν την πληθώρα των δεδομένων που μπορούν οι μελέτες πραγματικής οδήγησης. Αντιθέτως όμως μπορούν να μελετήσουν την επίδραση συγκεκριμένων παραγόντων στην κατανάλωση καυσίμων. Για παράδειγμα από τον ίδιο οδηγό εκτελείται η ίδια διαδρομή με το ίδιο όχημα πρώτα χωρίς τη σχάρα οροφής και μετά με την σχάρα οροφής για να συγκριθούν τα αποτελέσματα.

Υπολογιστικά μοντέλα

Αριθμητικά και υπολογιστικά μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό εκπεμπόμενων ρύπων.

Ένα από αυτά είναι το COPERT (Computer Program to calculate Emissions from Road Transport) που υπολογίζει τις εκπομπές ρύπων από συνθήκες πραγματικής οδήγησης. Υπάρχουν και προγράμματα που προσομοιώνουν την οδήγηση και χρησιμοποιούνται από ειδικούς.

3.2. Γνωστοί κύκλοι οδήγησης

3.2.1. NEDC

Ο NEDC ήταν ο θεσμοθετημένος κύκλος οδήγησης για την Ευρωπαϊκή Ένωση. Χρησιμοποιείται για την έγκριση τύπου των επιβατικών οχημάτων αλλά και των ελαφρών φορτηγών για τις Ευρώπης. Η εισαγωγή του έγινε το 1970. Είναι κύκλος μόνιμης λειτουργίας. Αποτελεί χαρακτηριστικό κύκλο οδήγησης μεγάλης Ευρωπαϊκής πόλης όπως είναι το Παρίσι ή η Ρώμη.

Αποτελείται από δύο τμήματα, τον Αστικό Κύκλο Οδήγησης (ECE-15) και τον EUDC.

Το πρώτο τμήμα αφορά την οδήγηση μέσα σε αστική περιοχή. Αναπτύχθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 60. Αποτελείται από 4 ίδια τμήματα χρονικής διάρκειας 195s. Μέγιστη ταχύτητα ορίζει τα 50Km/h. Χαρακτηρίζεται από χαμηλές ταχύτητες, μεγάλα διαστήματα σταθερών ταχυτήτων και επίσης από 4 επαναλήψεις ίδιων χρονικών μεταβολών των ταχυτήτων, γεγονός που δε τον καθιστά ρεαλιστικό.

Το δεύτερο τμήμα, ο EUDC , αναπαριστά μια πιο επιθετική οδήγηση και αφορά και με μέγιστη ταχύτητα τα 120km/h. Αυτό το τμήμα του κύκλου δεν υπήρχε εξ αρχής αλλά προστέθηκε το 1990 μετά την εφαρμογή του κανονισμού Euro 1. Το 1997 χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση κατανάλωσης καυσίμου αλλά και των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα CO₂.

Πριν την έναρξη της δοκιμής του κύκλου πάνω στη δυναμομετρική εξέδρα το όχημα παραμένει σε θερμοκρασία 20-30°C για χρονική περίοδο 6 ωρών. Στη συνέχεια αρχίζει η λειτουργία του κινητήρα και παραμένει σε άφορτη λειτουργία για 40s. Αυτό όμως έπαψε να ισχύει από την εφαρμογή του EURO 3. Από τότε η δειγματοληψία αρχίζει αμέσως μετά την ψυχρή εκκίνηση του κινητήρα.

Στη συνέχεια εκτελείται ο αστικός κύκλος οδήγησης από οδηγό πάνω στη δυναμομετρική εξέδρα. Συγκεκριμένα μετά την έναρξη δειγματοληψίας των εκπομπών των ρύπων το όχημα παραμένει για 11sec ακίνητο. Επιταχύνεται στα 15km/h στα 4 δευτερόλεπτα λειτουργίας του κινητήρα. Παραμένει σε αυτήν τη ταχύτητα για 8s όταν επιβραδύνει και μεταβαίνει σε πλήρη ακινησία.

Στη συνέχεια στα 49s το όχημα επιταχύνεται στα 32km/h, παραμένει σε αυτήν την ταχύτητα όταν αρχίζει να επιβραδύνει σιγά και φτάνει σε μηδενική ταχύτητα. Παραμένει σε ακινησία για 21s. Στα 117s επιταχύνει και φτάνει την μέγιστη ταχύτητα του των 50km/h. Σταθεροποιείται σε αυτή τη ταχύτητα για λίγα δευτερόλεπτα, επιβραδύνει και φτάνει σε μηδενική ταχύτητα. Επαναλαμβάνεται αυτό 4 φορές και έτσι καλύπτει χρονικό διάστημα 780s και απόσταση 3976,1m. Στον κύκλο αυτό εντοπίζονται κυρίως συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα CO και άκαυστων υδρογονανθράκων HC.

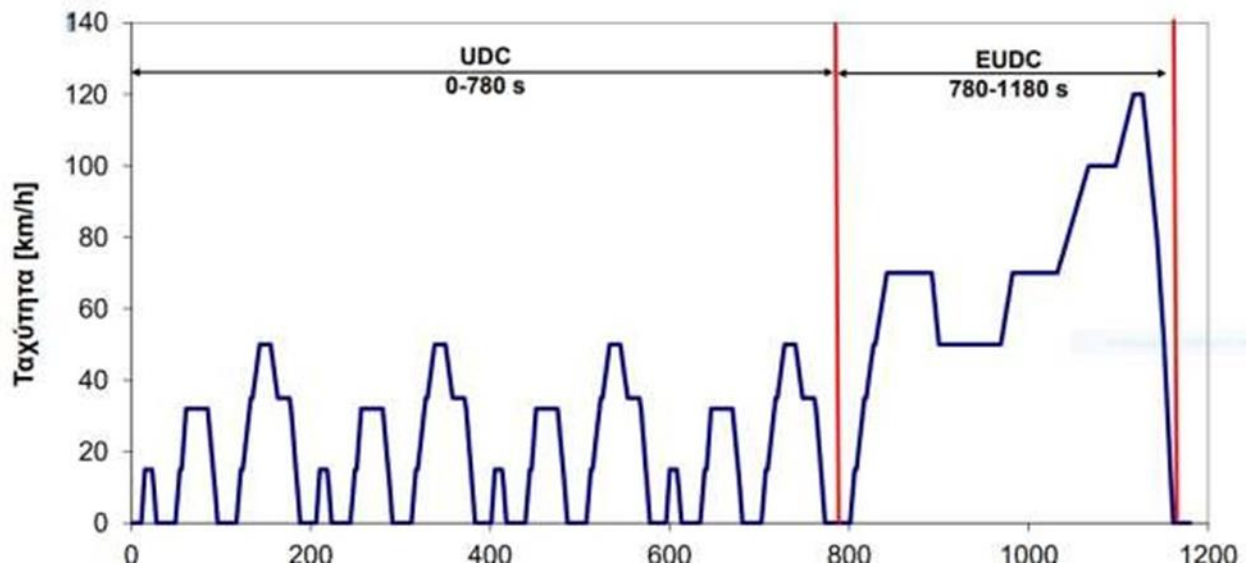
Στη συνέχεια εκτελείται και ο υπεραστικός κύκλος(EUDC). Σε αυτόν τον κύκλο δεν παρατηρείται μηδενική ταχύτητα(εκτός στην έναρξη και στη λήξη του)καθώς αφορά οδήγηση σε υπεραστικούς δρόμους. Η μέγιστη ταχύτητα φτάνει τα 120km/h και καλύπτει μια απόσταση 6956m και χρονική διάρκεια 400s. Σε αυτήν την διάρκεια εντοπίζονται κυρίως οι συγκεντρώσεις οξειδίων του αζώτου NOx.

Πίνακας 1:Στοιχεία του αστικού κύκλου ECE-15,του υπεραστικού κύκλου και του NEDC συνολικά

Μέγεθος	Μονάδα μέτρησης	ECE-15	EUDC	NEDC
Απόσταση	km	$4 \cdot 0,9941 = 3,976$ 4	6,9549	10,9314
Χρονική διάρκεια	s	$4 \cdot 195 = 780$	400	1180
Χρόνος σε στάση	s	$4 \cdot 57 = 228$	39	267
Μέση ταχύτητα(με στάσεις)	Km/h	18,35	62,59	33,35
Μέση ταχύτητα χωρίς στάσεις	Km/h	25,93	69,36	43,10
Μέγιστη ταχύτητα	Km/h	50	120	120
Μέση επιτάχυνση	m/s ²	0,599	0,354	0,506
Μέγιστη	m/s ²	1,042	0,833	1,042

επιτάχυνση				
Μέση επιβράδυνση	m/s ²	0,393	0.420	0.719
Αριθμός στάσεων		13	2	14
Μέση διάρκεια στάσεων	s	11,25	17,5	17,21

Ο κύκλος αυτός έχει επικριθεί αρκετά καθώς αποτελείται από μεγάλα διαστήματα σταθερών ταχυτήτων, σχετικά σταθερές επιταχύνσεις και γενικά χαμηλές ταχύτητες ειδικά στο κομμάτι του υπεραστικού κύκλου. Επίσης ο ECE-15 αποτελείται από 4 επαναλαμβανόμενα τμήματα οδήγησης το οποίο δεν είναι ρεαλιστικό. Επίσης δεν λαμβάνει υπόψη την κατανάλωση του air condition. Έτσι δεν ανταποκρίνεται στις πραγματικές συνθήκες οδήγησης που περιλαμβάνουν πολλές αυξομειώσεις ταχύτητας, μεγαλύτερες μέγιστες αναπτυσσόμενες ταχύτητες, πιο απότομες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις. Συνεπώς υποεκτιμά και τις εκπομπές των ρύπων από τα οχήματα.



Εικόνα 5. Αναπαράσταση του προφίλ ταχυτήτων και χρόνου για τον κύκλο NEDC

3.2.2. WLTP

Με την εφαρμογή του κύκλου NEDC για την έγκριση τύπου των οχημάτων διαπιστώθηκαν μεγάλες αποκλίσεις στην εκπομπή ρύπων και στην κατανάλωση του καυσίμου. Αυτό οδήγησε στην ανάγκη ενός πιο αντιπροσωπευτικού κύκλου οδήγησης.

Η εφαρμογή του κύκλου αυτού άρχισε τον Σεπτέμβριο του 2017. Εφαρμόζεται στην Ευρωπαϊκή Ένωση αλλά και στην Ινδία και την Αυστραλία. Η εφαρμογή του κύκλου αυτού για την έγκριση τύπου του οχήματος έγινε σε 2 φάσεις. Από το Σεπτέμβριο του 2017 η έγκριση μόνο καινούργιων τύπων οχημάτων γινόταν με την διαδικασία που ορίζει η WLTP. Από τον Σεπτέμβριο του 2018 και μετά εφαρμόζεται σε όλες τις νέες εγγραφές των οχημάτων.

Ο WLTP (World Light Vehicles Test Procedures) είναι κύκλος που εκτελείται πάνω σε δυναμόμετρο και αναφέρεται σε οχήματα ελαφρού τύπου. Συχνά αναφέρεται και ως WLTC (World Light Vehicles Test Cycles). Όμως στην πραγματικότητα ο WLTC κύκλος είναι μια από τις πολλές διαδικασίες που χρησιμοποιεί ο WLTP για την έγκριση τύπου των οχημάτων.

Η εκτέλεση του κύκλου αυτού τροποποιείται ανάλογα τον λόγο ισχύος προς τη μάζα του οχήματος(Power-to mass(PMR) ratio) συμπεριλαμβανόμενης της μάζας του ντεπόζιτου του καυσίμου, του ψυκτικού και γενικά όλου του εξοπλισμού του οχήματος. Στην μέτρηση της μάζας αυτής δεν συμπεριλαμβάνεται το βάρος του επιβάτη ή πρόσθετων φορτίων.

Χωρίζεται σε 3 κατηγορίες. Η τρίτη κατηγορία αφορά τα οχήματα με τη μεγαλύτερη αναλογία ισχύος μάζας και επίσης χωρίζεται σε 2 υποκατηγορίες ανάλογα την μέγιστη ταχύτητα ανάπτυξης του οχήματος. Η δεύτερη κατηγορία είναι μικρότερης αναλογίας ισχύος-μάζας. Η 3η και η 2η κατηγορία αποτελούνται από 4 κλάσεις ταχύτητας η κάθε μία. Την φάση των χαμηλών ταχυτήτων, την φάση των μεσαίων ταχυτήτων, την φάση των υψηλών ταχυτήτων και την φάση των πολύ υψηλών ταχυτήτων. Κάθε φάση έχει διαφορετικά όρια ταχυτήτων σε κάθε κατηγορία. Η κατηγορία 1 δεν περιλαμβάνει την φάση των υψηλών και των πολύ υψηλών ταχυτήτων.

Πίνακας 2:Κατηγορίες εκτέλεσης του WLTC

Κατηγορία	PMR(W/kg)	Vmax(km/h)
Class 3b	PMR>34	Vmax ≥ 120
Class 3a		Vmax<120

Class 2	$34 \geq \text{PMR} > 22$ -
Class 1	$\text{PMR} \leq 22$ -

Ο κύκλος αυτός είναι πιο αξιόπιστος από τον NEDC καθώς λαμβάνει δεδομένα πραγματικής κίνησης. Συγκεκριμένα είναι μεγαλύτερης χρονικής διάρκειας ο κύκλος και καλύπτει και μεγαλύτερη απόσταση. Συγκεκριμένα ο WLTP είναι περίπου 10 λεπτά μεγαλύτερης διάρκειας. Η μέγιστη και η μέση ταχύτητα είναι αρκετά μεγαλύτερες. Η χρονική διάρκεια της κίνησης του οχήματος με σταθερή ταχύτητα είναι 37% περίπου μικρότερη από την αντίστοιχη του NEDC. Επίσης και η χρονική διάρκεια της στάσης είναι περίπου 11% μικρότερη. Αντίθετα τα διαστήματα των επιταχύνσεων και των επιβραδύνσεων είναι αρκετά μεγαλύτερα με την μέγιστη επιτάχυνση και την μέγιστη επιβράδυνση μεγαλύτερες σε τιμές.

Στον κύκλο αυτό η σχέση μετάδοσης από το κιβώτιο ταχυτήτων λαμβάνεται διαφορετική για κάθε όχημα. Επίσης λαμβάνεται υπόψη ο συγκεκριμένος τύπος και μέγεθος του ελαστικού που χρησιμοποιεί κάθε όχημα. Άλλοι παράμετροι όπως την πίεση του αέρα ελαστικών, η ευθυγράμμιση των τροχών, η λειτουργία των φρένων, η προθέρμανση και η στάθμη φόρτισης της μπαταρίας που δεν λαμβανόταν υπόψη στη διαμόρφωση του κύκλου NEDC, καθορίζονται κατά τη διαδικασία εκτέλεσης του WLTP κύκλου.

Πλεονεκτήματα:

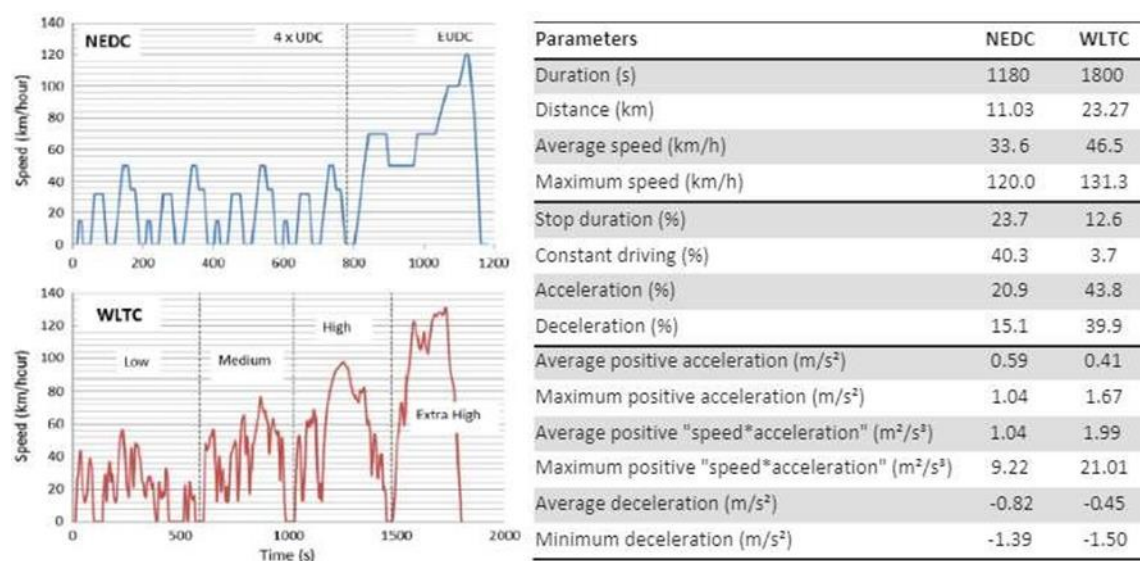
Ο κύκλος αυτός έχει αναπροσαρμόσει τις τιμές των χρονικών διαρκειών, των επιταχύνσεων και των ταχυτήτων με αποτέλεσμα να προσαρμόζεται καλύτερα στην πραγματική οδήγηση.

Βγάζει πιο αξιόπιστα αποτελέσματα στις μετρήσεις των εκπομπών των ρύπων αλλά και στην κατανάλωση καυσίμου. Συγκεκριμένα οι μέσες εκπομπές CO₂ υπολογίστηκαν κατά 14g/km περισσότερες από τις αντίστοιχες του κύκλου NEDC.

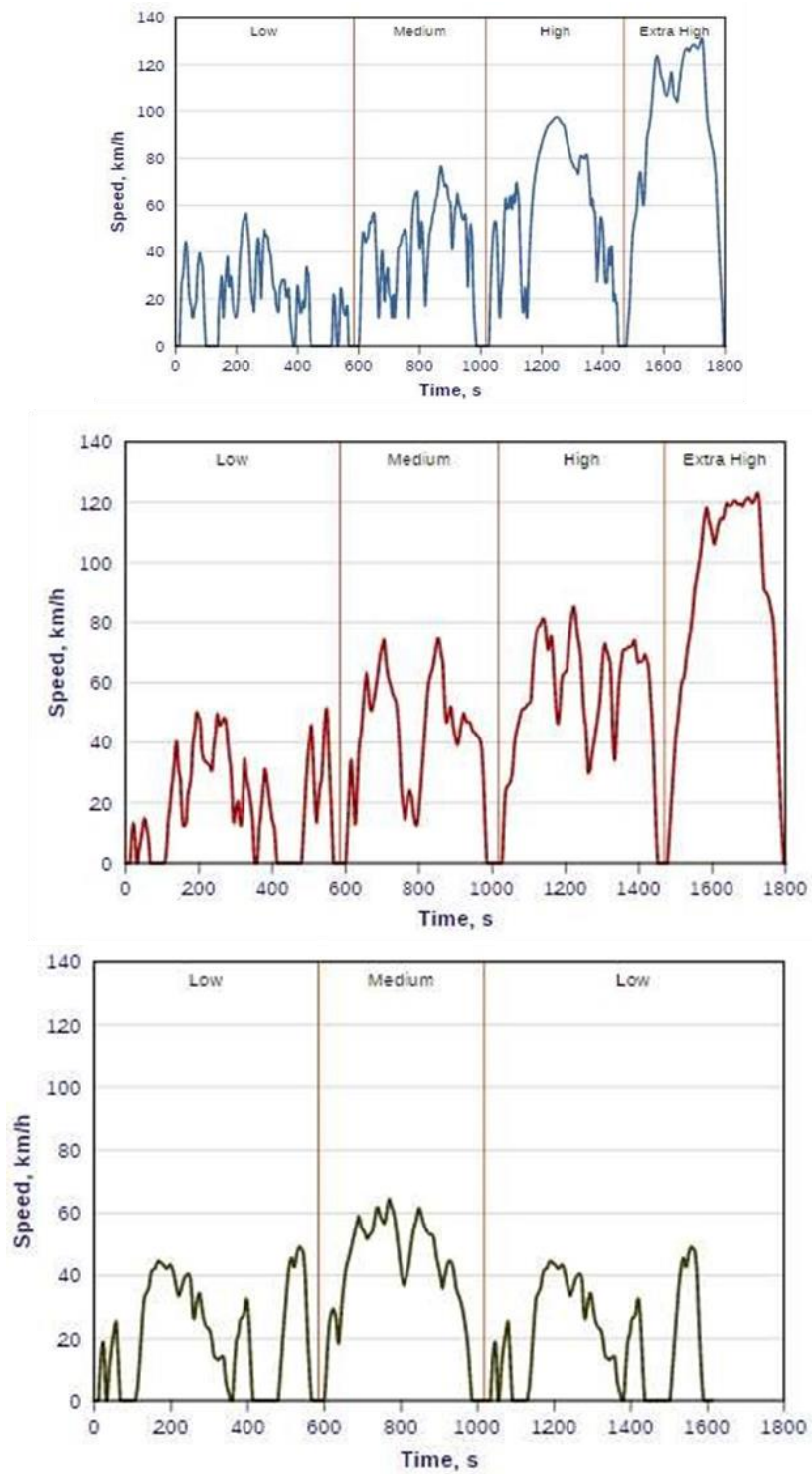
Εκτελείται με διαφορετικό τρόπο για διαφορετικούς τύπους οχημάτων και έτσι προσφέρει μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα στα πραγματικά δεδομένα. Για την μεγαλύτερη αντιπροσωπευτικότητα των μετρήσεων των εκπομπών των ρύπων η

Ευρωπαϊκή Ένωση στοχεύει στην εφαρμογή μετρήσεων εκπομπών στον δρόμο. Γνωστές και ως RDE(Road Traffic Emissions) που θα μετριοούνται με ειδικά όργανα μετρήσεων που τοποθετούνται πάνω στο όχημα και μετράνε τις πραγματικές μετρήσεις εκπομπών. Αυτός ο εξοπλισμός είναι γνωστός και ως PEMS(Portable Emissions Measurement System).

Παρόλα αυτά και ο WLTP επιδέχεται βελτιώσεις καθώς δεν καλύπτει καλά τα πεδία ταχυτήτων από 70-110km/h για όλα τα οχήματα και δεν λαμβάνει υπόψη του τις διαδικασίες έναρξης του κινητήρα.



Εικόνα 6. Σύγκριση NEDC και WLTP



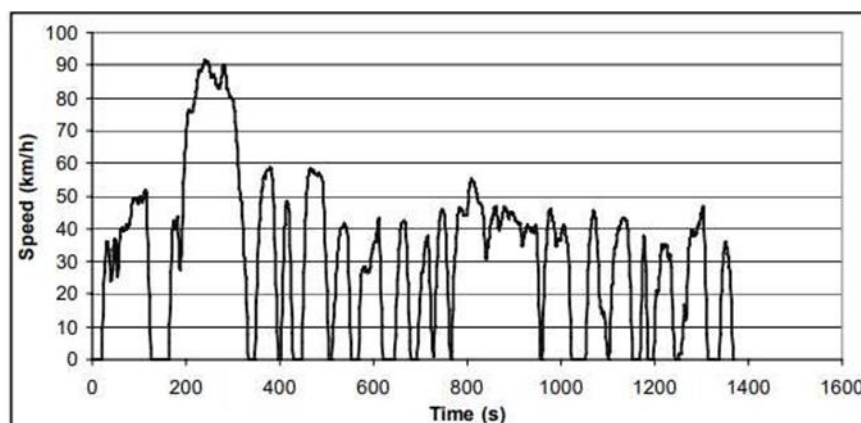
Εικόνα 7. Αναπαράσταση του προφίλ ταχυτήτων και χρόνου για τον κύκλο WLTP για τις 3 κλάσεις ταχύτητας. Πάνω η Class3b, στη μέση η Class2 και κάτω η Class1

3.2.3. FTP-72

Ο FTP-72 είναι αστικός κύκλος και αποτελείται από 2 φάσεις. Στην πρώτη φάση διάρκειας 505s , απόστασης 5,78km και μέσης ταχύτητας 31,5km/h ο κινητήρας υφίσταται ψυχρή εκκίνηση. Αντίθετα η 2η φάση έχει διάρκεια 864s, μέση ταχύτητα και είναι μεταβατικής φάσης. Μεταξύ των 2 φάσεων μεσολαβεί διάστημα 10 λεπτών στα οποία ο κινητήρας δεν λειτουργεί.

Συνολικά ο κύκλος καλύπτει απόσταση 12,07km με μέγιστη ταχύτητα 91,2km/h και μέση ταχύτητα 31,5 km/h. Αποτελούσε τον θεσμοθετημένο κύκλο έγκρισης τύπου των οχημάτων στην ΗΠΑ από 1978 μέχρι και το 2000 όταν αντικαταστάθηκε από τον FTP-75. Είναι γνωστός επίσης στη Σουηδία ως A10 ή CVS και στην Αυστραλία ως ADR 27.

Στην ΗΠΑ η πρώτη φάση εφαρμόζεται φορτίο τιμής 0,43 και στην δεύτερη φορτίο τιμής 0,57. Αντιθέτως ο A10 στο όχημα εφαρμόζεται ίδιο φορτίο και στις 2 φάσεις.



Εικόνα 8. Ο κύκλος δοκιμής FTP-72

3.2.4. FTP-75

Αυτός ο κύκλος οδήγησης χρησιμοποιείται στην Αμερική για την έγκριση τύπου των οχημάτων. Αποτελεί εξέλιξη του FTP-72, καθώς στον FTP-72 προστέθηκε η 3η φάση διάρκειας 505s που αφορά την εκκίνηση με ζεστό κινητήρα. Μεταξύ της δεύτερης και της τρίτης φάσης του κύκλου μεσολαβεί παύση λειτουργίας του κινητήρα για διάστημα 10 λεπτών. Η τρίτη φάση είναι πανομοιότυπη με την πρώτη φάση στο

προφίλ ταχύτητας και χρόνου. Συνεπώς αποτελείται από τη πρώτη φάση κρύας εκκίνησης διάρκειας 505 δευτερολέπτων, τη δεύτερη μεταβατική φάση διάρκειας 864 δευτερολέπτων, μια παύση στη λειτουργία του κινητήρα για 10 λεπτά και η 3η φάση θερμής εκκίνησης και διάρκειας 505 δευτερολέπτων.

Χρησιμοποιείται στις ΗΠΑ για την έγκριση τύπου ελαφρών οχημάτων. Από το 2000 τα οχήματα πρέπει να εκτελούν 2 επιπλέον κύκλους για να λάβουν την έγκριση τύπου του. Αυτό συμβαίνει έτσι ώστε να διορθωθούν κάποιες ατέλειες που είχε ο FTP-75. Συγκεκριμένα ο US06 που αναπαριστά καλύτερα μεγαλύτερες ταχύτητες, πιο απότομες επιταχύνσεις και γενικά μια πιο ακραία επιθετική οδήγηση. Επιπλέον ο SC03 είναι κύκλος που εκτελείται πάνω στη δυναμομετρική εξέδρα με ανοιχτό το A/C έτσι ώστε να λαμβάνονται υπόψη η επιπλέον κατανάλωση του καυσίμου αλλά και οι πιο αυξημένοι εκπεμπόμενοι ρύποι.

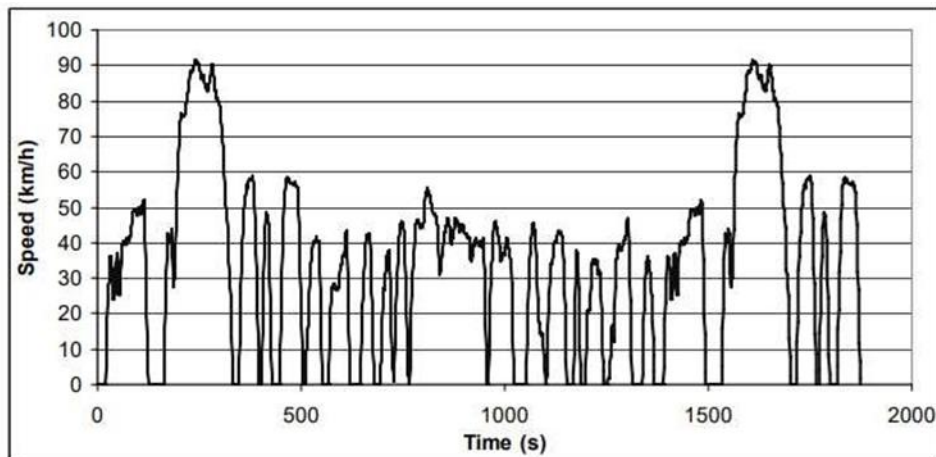
Συγκριτικά με τον FTP72 έχει μεγαλύτερη διάρκεια, μεγαλύτερη μέση και μέγιστη ταχύτητα, περισσότερες στάσεις και καλύπτει μεγαλύτερη απόσταση.

Πίνακας 3: Σύγκριση χαρακτηριστικών κίνησης κύκλων του FTP-72 και του FTP-75

Μέγεθος	Μονάδα μέτρησης	FTP-72	FTP-75
Απόσταση	km	11,996	17,786
Χρονική διάρκεια	s	1369	1874
Χρόνος οδήγησης	s	1180	1633
Χρόνος σε στάση	s	189	376
Χρόνος	s	506	683

επιτάχυνσης			
Μέση ταχύτητα(με στάσεις)	Km/h	31,6	34,2
Μέση ταχύτητα χωρίς στάσεις	Km/h	36,6	39,21
Μέγιστη ταχύτητα	Km/h	91.15	91,09
Μέση επιτάχυνση	m/s ²	0,429	0,420
Μέση επιβράδυνση	m/s ²	0,464	0,457
Αριθμός στάσεων		14	16
Μέση διάρκεια στάσεων	s	13,5	15,06

Στην Αυστραλία είναι γνωστός ως ADR 37.



Εικόνα 9. Ο κύκλος FTP-75

3.2.5. Artemis cycle-CADC

Το Ευρωπαϊκό ερευνητικό έργο Artemis σχεδιάστηκε ώστε να διαμορφώσει ένα σύνολο κύκλων οδήγησης, Οι στόχοι του έργου αυτού ήταν οι εξής:

- Να διαμορφωθεί ένα σύνολο κύκλων οδήγησης πραγματικών δεδομένων κίνησης που να χρησιμοποιείται και από το ερευνητικό πρόγραμμα . Οι εκπομπές ρύπων που προκύπτουν να ενταχθούν σε όλα τα προγράμματα ελέγχου των εκπομπών των ρύπων και της κατανάλωσης καυσίμου στη Ευρώπη.
- Να επικυρώσει την αντιπροσωπευτικότητα των εκπομπών που εξάγονται από το σύνολο των κύκλων οδήγησης και των πραγματικών μετρήσεων.
- Να λάβει υπόψη του τις κυκλοφοριακές συνθήκες αλλά και το είδος του οχήματος χωρίζοντας τα σε κλάσεις.

Συλλέγονται τα δεδομένα από μεγάλο αριθμό οχημάτων, μελετώνται οι κυκλοφοριακές συνθήκες αλλά και τα χαρακτηριστικά του οχήματος και στη συνέχεια προκύπτουν οι κύκλοι οδήγησης Artemis.

Για αυτούς τους λόγους ο κύκλος (CADC-Common Artemis Driving Cycles) αποτελείται από 3 κύκλους:

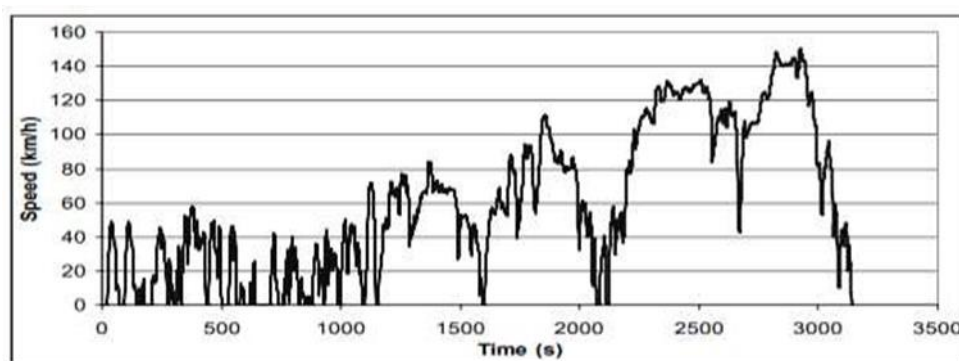
- Τον αστικό κύκλο που χαρακτηριστικά του είναι η μικρή μέση και μέγιστη ταχύτητα, η μεγάλη περίοδος που το όχημα επιταχύνει ή επιβραδύνει, μεγάλη τιμή επιταχύνσεων και από πολλές στάσεις.
- Τον κύκλο σε Αγροτικό δρόμο. Αυτός ο κύκλος καλύπτει μεγαλύτερη απόσταση, έχει μικρότερο αριθμό στάσεων και λιγότερες επιβραδύνσεις. Έχει όμως μεγαλύτερη μέση και μέγιστη ταχύτητα.
- Τον κύκλο σε αυτοκινητόδρομο. Ανάλογα τη μέγιστη ταχύτητα κατηγοριοποιείται σε 2 κύκλους. Αυτόν με μέγιστη ταχύτητα τα 130Km/h και αυτόν με μέγιστη ταχύτητα τα 150km/h. Έχει μικρότερες τιμές επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων από τους προηγούμενους κύκλους και στη διάρκεια 52 λεπτών υπάρχουν μόνο 3 στάσεις.

Δεν χρησιμοποιείται για την έγκριση τύπου οχήματος αλλά είναι αρκετά ακριβής στον υπολογισμό της κατανάλωσης του καυσίμου και στον υπολογισμό των εκπομπών των ρύπων.

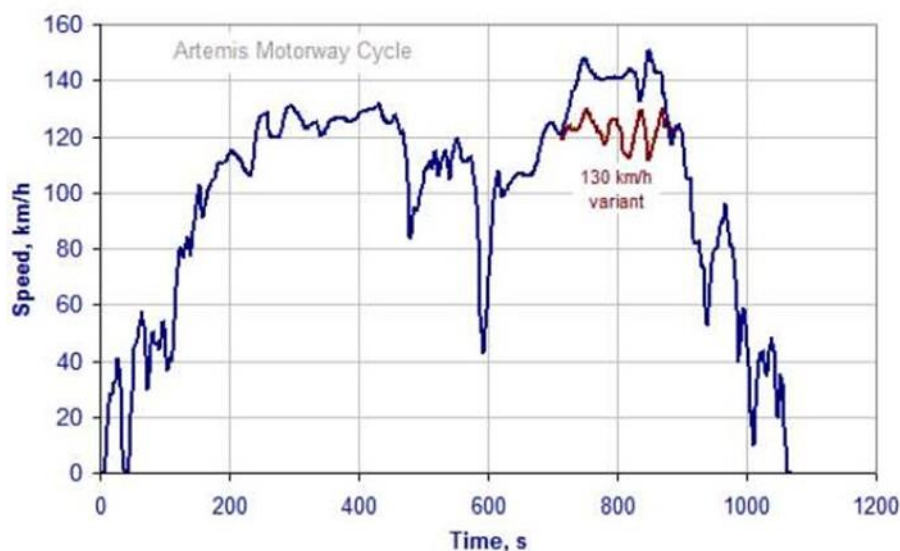
Πίνακας 4:Ο κύκλος CADC και οι 3 φάσεις του

Μέγεθος	Μονάδα μέτρησης	Artemis.urban	Artemis.road	Artemis. motorway	CADC
Απόσταση	km	4,873	17,275	29,546	51,695
Χρονική διάρκεια	s	993	1082	1068	3143
Χρόνος οδήγησης	s	787	1066	1060	2913
Χρόνος σε στάση	s	206	16	8	230
Χρόνος επιτάχυνσης	s	357	430	424	1211

Μέση ταχύτητα(με στάσεις)	Km/h	17,7	57,5	99,6	59.2
Μέση ταχύτητα χωρίς στάσεις	Km/h	22,29	58,34	100,35	63,89
Μέγιστη ταχύτητα	Km/h	57,32	111,09	150,37	150,37
Μέση επιτάχυνση	m/s ²	0,531	0,359	0,271	0,371
Μέση επιβράδυνση	m/s ²	0,571	0,371	0,344	0,417
Αριθμός στάσεων		14	5	3	20
Μέση διάρκεια στάσεων	s	14.71	3,2	2,67	11,5



Εικόνα 10. Ο κύκλος πόλης CADC



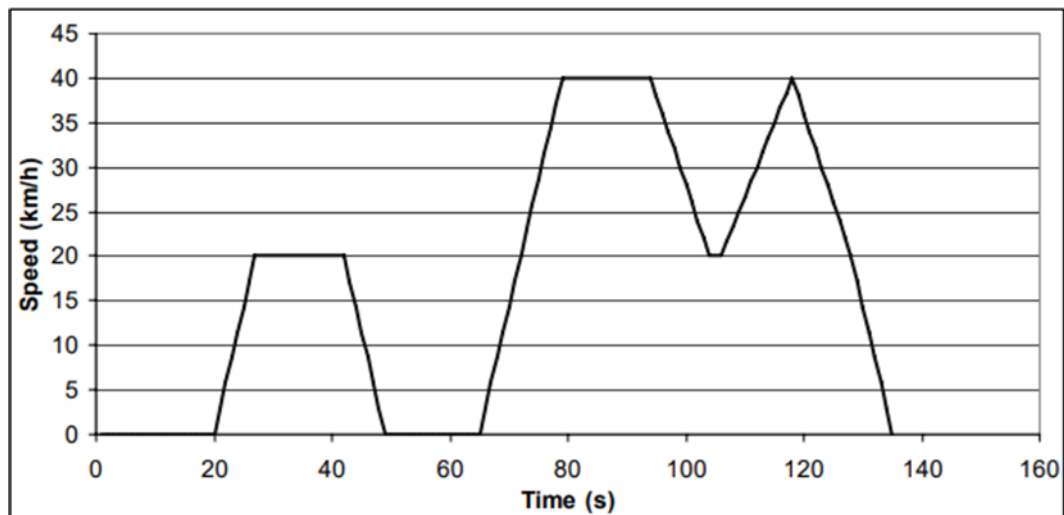
Εικόνα 11. Ο κύκλος του CADC που αφορά την κίνηση σε αυτοκινητόδρομο

3.2.6. J10

Η εφαρμογή αυτού του κύκλου οδήγησης άρχισε το 1973 και χρησιμοποιούταν για την έγκριση τύπου των επιβατικών και των ελαφρών φορτηγών στην Ιαπωνία. Περιγράφει κίνηση σε αστική περιοχή.

Πριν την έναρξη των μετρήσεων το όχημα προθερμαίνεται για 15 λεπτά με ταχύτητα στα 40km/h, στη συνέχεια ακολουθεί μια περίοδος 6 επαναλήψεων των ίδιων προφίλ ταχύτητας χρόνου. (Η περίοδος της μιας επανάληψης φαίνεται στο κάτω σχήμα). Οι μετρήσεις των εκπομπών των ρύπων γίνονται κατά τη διάρκεια των τελευταίων 5 επαναλήψεων.

Είναι φανερό και από το παρακάτω διάγραμμα ότι χαρακτηρίζεται από μεγάλα χρονικά διαστήματα σταθερής ταχύτητας, στάσεις μεγάλης διάρκειας, απότομες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις. Συνεπώς δεν αντιπροσωπεύει καλά τις πολλές αυξομειώσεις ταχύτητας κατά τη διάρκεια οδήγησης στους δρόμους. Επίσης η μέγιστη ταχύτητα είναι μόνο 40km/h.



Εικόνα 12. Ο κύκλος οδήγησης J10 που εφαρμόστηκε στην Ιαπωνία

3.2.7. J1015

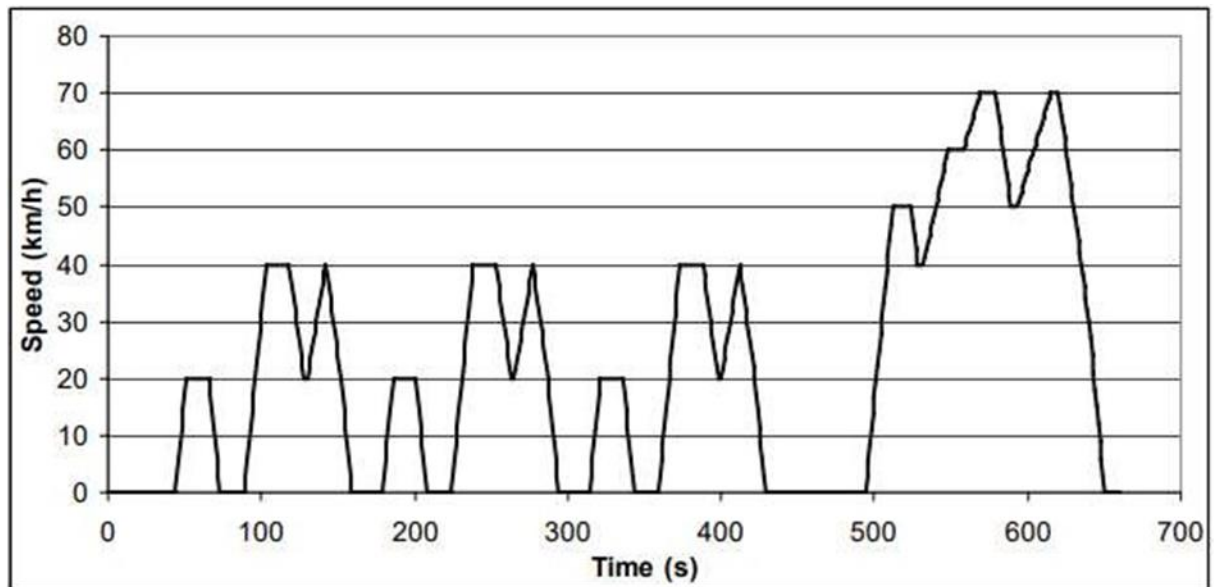
Το 1991 η Ιαπωνία έθεσε άλλον κύκλο οδήγησης για την έγκριση τύπου οχημάτων. Ο νέος κύκλος ονομάστηκε J1015 και αποτελείται από 3 επαναλήψεις των κύκλων διάρκειας 135s του J10 και σε αυτό προστίθεται και νέο δεκαπεντάλεπτο διάστημα οδήγησης με μέγιστη ταχύτητα τα 70km/h. Συνεπώς η μέση ταχύτητα και η μέγιστη είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες του J10. Επίσης οι στάσεις είναι περισσότερες και η μέση επιτάχυνση και μέση επιβράδυνση μικρότερη.

Πριν την έναρξη των μετρήσεων υπάρχουν τα εξής χρονικά διαστήματα:

15 λεπτά προθέρμανση σε 60km/h, ακινητοποίηση , 5 λεπτά προθέρμανση στα 60km/h. Οι μετρήσεις των εκπομπών γίνονται κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του κύκλου.

Πίνακας 5: Τα μεγέθη κίνησης τόσο για τον κύκλο J10 όσο και για τον J1015

Μέγεθος	Μονάδα μέτρησης	J10	J1015
Απόσταση	km	6,664	4,127
Χρονική διάρκεια	s	135	660
Χρόνος οδήγησης	s	107	448
Χρόνος σε στάση	s	28	172
Χρόνος επιτάχυνσης	s	39	195
Μέση ταχύτητα(με στάσεις)	Km/h	17,7	22,7
Μέση ταχύτητα χωρίς στάσεις	Km/h	22,32	30,73
Μέγιστη ταχύτητα	Km/h	40,09	70,09
Μέση επιτάχυνση	m/s ²	0,407	0,370
Μέση επιβράδυνση	m/s ²	0,406	0,389
Αριθμός στάσεων		2	8
Μέση διάρκεια στάσεων	s	14	21.5



Εικόνα 13. Ο θεσμοθετημένος κύκλος J1015

3.2.8. JC08

Από το 2011 και μετά η έγκριση τύπου των οχημάτων στην Ιαπωνία γίνονται με νέους κύκλους πόλεων. Τα βαριά οχήματα μάζας πάνω από 3500kg ακολουθούν τον κύκλο JE05 ενώ τα ελαφρά μάζας μικρότερης από 3500kg τον κύκλο JC08.

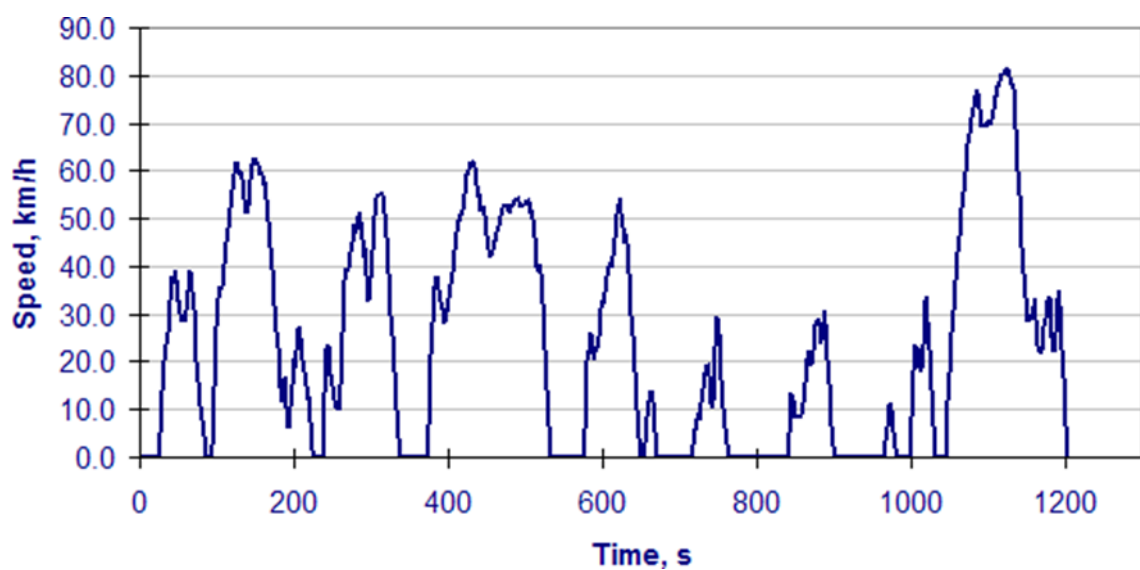
Είναι πιο σύνθετος κύκλος από τους προηγούμενους(J10,J1015) καθώς τα διαστήματα σταθερών ταχυτήτων είναι πολύ μικρότερα, οι στάσεις περισσότερες, η μέγιστη ταχύτητα και η μέση ταχύτητα μεγαλύτερες και η διάρκεια του και η απόσταση του αρκετά μεγαλύτερες. Επίσης οι χρόνοι επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων είναι μεγαλύτεροι. Επιπλέον αφορά οδήγηση σε δρόμους με μεγάλη κίνηση(σχεδιάστηκε για την αναπαράσταση της οδήγησης των οχημάτων στο Τόκιο). Οι μετρήσεις των εκπομπών των ρύπων γίνονται 2 φορές, με ψυχρή και με θερμή εκκίνηση.

Από το 2005, όταν άρχισε η εισαγωγή του JC08 , υπήρξαν 3 φάσεις εκτέλεσης του κύκλου μέχρι το 2011:

- 2005.10: 12% του 11mode κύκλου με ψυχρή εκκίνηση του κινητήρα και 88% του J1015 με θερμή εκκίνηση
- 2008.10:25% με ψυχρή εκκίνηση και 75% με θερμή εκκίνηση του J1015
- 2011.10:25% ψυχρή εκκίνηση του JC08 και 75% θερμή εκκίνησης του JC08

Πίνακας 6: Χαρακτηριστικά μεγέθη του JC08

Μέγεθος	Μονάδα μέτρησης	JC08
Απόσταση	Km	8,171
Χρονική διάρκεια	S	1204
Μέση ταχύτητα(με στάσεις)	Km/h	24,4
Μέση ταχύτητα χωρίς στάσεις	Km/h	34,8
Μέγιστη ταχύτητα	Km/h	81,6



Εικόνα 14. Ο κύκλος δοκιμής JC08

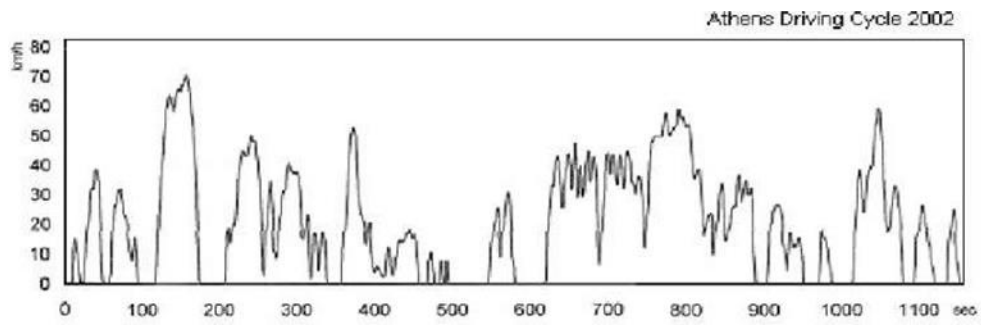
3.2.9. ADC

Οι κύκλοι οδήγησης που χρησιμοποιούνται για την έγκριση τύπου στην Ευρωπαϊκή Ένωση εξάγουν αποτελέσματα που στην Ελλάδα μπορούν να αποκλίνουν από την πραγματικότητα. Αυτό οφείλεται στην διαφορά των υποδομών του οδικού δικτύου, του στόλου των οχημάτων, τις διαφορές συμπεριφορές των οδηγών. Γενικά η οδική συμπεριφορά των Ελλήνων είναι πιο επιθετική αλλά και επίσης η κυκλοφοριακή συμφόρηση στην Αθήνα είναι πολύ έντονη.

Συνεπώς ένας μη θεσμοθετημένος κύκλος για την πόλη της Αθήνας είναι ο ADC 2002 που χαρακτηρίζεται από πολλές επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις και έχει μέγιστη ταχύτητα 20,21km/h, τιμή πολύ μικρότερη από τον NEDC. Ο κύκλος αυτός λαμβάνει στοιχεία πραγματικής οδήγησης και αφορά την αστική περιοχή της Αθήνας. Επίσης εξάγει γενικά μεγαλύτερες συγκεντρώσεις οξειδίων του αζώτου NOx και διοξειδίου του άνθρακα αλλά και μεγαλύτερη κατανάλωση καυσίμου από τον NEDC.

Πίνακας 7: Μεγέθη για τον Αθηναϊκό κύκλο ADC

Μέγεθος	Μονάδα μέτρησης	ADC
Απόσταση	km	6,512
Χρονική διάρκεια	s	1160
Μέση ταχύτητα(με στάσεις)	Km/h	20.21
Μέγιστη ταχύτητα	Km/h	70,86



Εικόνα 15. Ο κύκλος οδήγησης ADC

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

4.1. Καταγραφικά OBD

Τα καταγραφικά αρχικά χρησιμοποιούνταν σε ένα όχημα για την διάγνωση βλαβών και την προειδοποίηση των οδηγών για τους κινδύνους. Στη συνέχεια όμως προσέφεραν επιπλέον την δυνατότητα αναπαράστασης των πραγματικών δεδομένων κίνησης. Αρχίζοντας από το πρωτόκολλο ALDL και περνώντας από το καταγραφικό OBD-I και το OBD-1.5, πλέον το πιο γνωστό είναι το πρωτόκολλο OBD-II.

Το καταγραφικό που χρησιμοποιείται κατά την διάρκεια κίνησης των οχημάτων είναι το ELM 327. Εισήρθε στην αγορά από την Elm Electronics από το 2005. Συνδέεται στα περισσότερα οχήματα σε σημείο κάτω από το ταμπλό. Υποστηρίζει τα εξής πρωτόκολλα: SAE J1850 PWM, SAE J1850 VPW, ISO 9141-2, ISO 14230-4 KWP, ISO 15765-4 CAN και το SAE J1939. Έχει τη δυνατότητα σύνδεσης με σταθερό υπολογιστή (PC), με laptop με tablets αλλά και με κινητά λογισμικού android αλλά και των windows. Συνδέεται ασύρματα με Bluetooth με εφαρμογές σε κινητά.

Το συγκεκριμένο καταγραφικό είναι διαθέσιμο σε 3 εκδόσεις:

- ELM327 v2.2 το οποίο υποστηρίζει τάση τροφοδοσίας μεταξύ των 4,2 ως 5,5V. Τον Μάιο του 2020 βγήκε στην αγορά και το ELM327 v2.3 που είναι παρόμοιο με τον προκάτοχο του με επιπλέον δυνατότητες.
- ELM327L v2.2 το οποίο έχει τις ίδιες ακριβώς λειτουργίες με το ELM327 v2.2 με την διαφορά ότι προϋποθέτει μεγαλύτερο φάσμα στις τάσεις μεταξύ 2 και 5,5V.
- ELM327 v1.3a που οι τάσεις τροφοδοσίας του είναι από 4,5 στα 5,5V.

Εντοπίζει και διαβάζει τους κωδικούς βλάβης διαγνωστικού ελέγχου(DTC). Επίσης καταγράφει την ταχύτητα του οχήματος κάθε στιγμή, την ταχύτητα της ροής του αέρα και την θερμοκρασία του εισερχόμενου αέρα στον κινητήρα. Επίσης καταγράφει την θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου, την πίεση του καυσίμου , τις στροφές του κινητήρα σε RPM και το φορτίο (Load Value). Επίσης καταγράφει τις θέσεις των βαλβίδων και το σύστημα χρονισμού των. Μέσω αισθητήρων υπολογίζει και την συγκέντρωση του οξυγόνου.



Εικόνα 16. Το καταγραφικό ELM 327

4.2. Καταγραφές από GPS και OBD-Διαφορές

Το OBD και το GPS χρησιμοποιούν ειδικούς αισθητήρες για τη μέτρηση των μεγεθών. Το GPS επικοινωνεί με ένα πλέγμα 24 δορυφόρων πάνω στη Γη. Αυτοί οι πομποδέκτες παρέχουν πληροφορίες για το γεωγραφικό πλάτος, το γεωγραφικό μήκος, το υψόμετρο, την ταχύτητα και την κατεύθυνση κίνησης του οχήματος. Επίσης μετράει τη βαρομετρική πίεση, την επιτάχυνση του οχήματος και το φορτίο του οχήματος. Επίσης με την προσθήκη ειδικού λογισμικού μπορούν να καταγράψουν και τη κίνηση του οχήματος πάνω στον χάρτη.

Και οι δύο συσκευές μετράνε την ημερομηνία και την ώρα καθώς και την ταχύτητα του οχήματος. Όμως οι μετρήσεις τους αποκλίνουν ελαφρώς καθώς τρόπος λειτουργίας των δύο συσκευών είναι διαφορετικός.

Συγκεκριμένα το GPS καταγράφει την αντίστοιχη ταχύτητα μεταξύ δύο διαδοχικών θέσεων, ενώ στο OBD η ταχύτητα προκύπτει από τις στροφές του κινητήρα. Από τις στροφές του κινητήρα υπολογίζονται οι στροφές των τροχών και μέσω της απόστασης που διανύει το αμάξι σε δεδομένο αριθμό στροφών υπολογίζεται η ταχύτητα. Συνεπώς η ταχύτητα που υπολογίζεται από το OBD δεν είναι τόσο αντιπροσωπευτική της πραγματικότητας και για αυτό προτιμάται η καταγραφή της ταχύτητας μέσω GPS. Επίσης στη φάση της επιτάχυνσης και της επιβράδυνσης του οχήματος το GPS δείχνει μια πιο ομαλή μετάβαση ταχυτήτων χωρίς να περιέχει απότομες αυξήσεις ή μειώσεις της ταχύτητας όπως απεικονίζει το OBD. Κατά τη φάση επιτάχυνσης ή επιβράδυνσης η απόκριση της ταχύτητας του GPS καθυστερεί σε σχέση με αυτήν του OBD κατά 0,1 ως 0,3 δευτερόλεπτα. Επιπρόσθετα, το OBD δε

λαμβάνει υπόψη του καθόλου τη φύση του οδοστρώματος και ως εκ τούτου σε περίπτωση φθοράς δεν λαμβάνεται υπόψη η κακή πρόσφυση της ρόδας στο δρόμο

Τα αποτελέσματα του καταγραφικού παραλαμβάνονται από την εφαρμογή Torque OBD CHECK, εφαρμογή που είναι διαθέσιμη στα Android. Το βασικό μενού της εφαρμογής φαίνεται στην αριστερή εικόνα.



Τα μεγέθη τα οποία μπορούμε να μετρήσουμε από την εφαρμογή είναι πάρα πολλά και μερικά από αυτά αναγράφονται παρακάτω:

1 Χρόνος

- 0-100kph Time, δηλαδή ο χρόνος που απαιτείται ώστε το όχημα να μεταβεί από τη φάση ακινησίας σε ταχύτητα των 100km/h. Σε κάθε στάση ο χρόνος αυτός μηδενίζεται και επίσης κρατάει τον καλύτερο χρόνο
- Αντίστοιχα ο χρόνος 0-200kph Time και 100-200kph Time
 1. 0-100mph Time, δηλαδή ο χρόνος που απαιτείται στο όχημα να φτάσει από την ακινησία στην ταχύτητα των 100miles/h. Σε κάθε στάση ο χρόνος αυτός μηδενίζεται
 2. Αντίστοιχα ο χρόνος 0-30mph Time ,0-60mph Time.

3. 100-0kph Time, ο χρόνος που χρειάζεται το όχημα για να φρενάρει και να βρεθεί από την ταχύτητα των 100km/h σε ακινησία. Αντίστοιχα ο χρόνος 60-0mph Time
4. 1/4 mile time ,ο χρόνος που χρειάζεται το όχημα να διανύει το ¼ από ένα μίλι. Μηδενίζεται μετά από κάθε στάση και κρατάει τον καλύτερο χρόνο
5. Ο συνολικός χρόνος της διαδρομής από τότε που αρχίζει
6. Ο χρόνος διαδρομής όσο το όχημα είναι εν κινήσει
7. Ο χρόνος διαδρομής όσο το όχημα είναι σε στάση

2 Επιτάχυνση

- Η συνολική επιτάχυνση σε μονάδες g
- Η επιτάχυνση της βαρύτητας σε τρεις κάθετους άξονες άξονα x, y, z

3 Ταχύτητα

1. Η μέση ταχύτητα του οχήματος μόνο κατά την διάρκεια της κίνησης του
2. Η μέση ταχύτητα του οχήματος μαζί με τις στάσεις
3. Η στιγμιαία ταχύτητα από το GPS
4. Η στιγμιαία ταχύτητα από το OBD
5. Η διαφορά μεταξύ της στιγμιαίας ταχύτητας του GPS και του OBD

4 Αποστάσεις

1. Απόσταση που μπορεί να διανύσει το όχημα μέχρι να αδειάζει το ντεπόζιτο από καύσιμο(υπολογίζεται)

2. Ποσοστό της οδήγησης που το όχημα είναι εντός πόλης
3. Ποσοστό οδήγησης σε αυτοκινητόδρομους
4. Ποσοστό οδήγησης στο οποίο το όχημα δεν είναι σε κίνηση ενώ η μηχανή λειτουργεί.

5 Μεγέθη μετρημένα αποκλειστικά από το GPS

1. Ακρίβεια GPS, δηλαδή η απόσταση μεταξύ του GPS και της πραγματικής θέσης του αντικειμένου
2. Υψόμετρο
3. Γεωγραφικό πλάτος
4. Γεωγραφικό μήκος
5. Ενεργοί δορυφόροι, δείχνει τον αριθμό των δορυφόρων που είναι συνδεδεμένοι

6 Κόστη

1. Στιγμιαίο κόστος καυσίμου σε \$/km
2. Κόστος καυσίμου σε \$/km συνολικά στη διαδρομή
3. Το συνολικό κόστος καυσίμου σε όλη τη διαδρομή.

7 Μεγέθη καυσίμου

1. Η ροή του καυσίμου σε λίτρα ανά ώρα ή σε ml ανά λεπτό
2. Ο απαιτούμενος λόγος αέρα καυσίμου έτσι ώστε να έχουμε στοιχειομετρική καύση
3. Το ποσό του καυσίμου που παραμένει στο ντεπόζιτο ⁷⁸

4. SFT (short fuel term) δηλαδή οι μεταβολές του λ (λόγος αέρα-καυσίμου) μέσα σε δέκατα του δευτερολέπτου. Ελέγχεται μέσω ενός αισθητήρα οξυγόνου που βρίσκει την απόκλιση από την στοιχειομετρική καύση($\lambda=1$)
5. LFT (long fuel term) δηλαδή οι μέσες τιμές των αθροισμάτων των short fuel trims για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα.

8 Ρύποι

1. Μέσο εκπεμπόμενο διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) σε g/km
2. Στιγμιαίο εκπεμπόμενο διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) σε g/km

9 Κατανάλωση

1. Διανυόμενα χιλιόμετρα ανά λίτρο καυσίμου υπολογιζόμενα στιγμιαία
2. Μέση τιμή χιλιομέτρων ανά λίτρο καυσίμου
3. Λίτρα που καταναλώνονται ανά 100 km διαδρομής υπολογιζόμενα στιγμιαία
4. Μέσα τιμή ποσότητας λίτρων καυσίμου ανά 100km απόστασης
5. Διανυόμενα μίλια ανά ένα gallon καυσίμου

10 Άλλα μεγέθη

1. Η θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου⁸⁰
2. Η ισχύς της μηχανής όπως μεταδίδεται στους τροχούς του οχήματος
3. Το πραγματικό φορτίο μηχανής (actual engine torque)
4. Οι στροφές του κινητήρα σε RPM

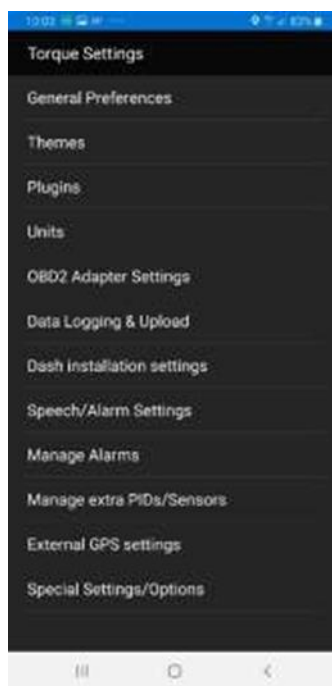


Στην αρχή δημιουργούμε προφίλ του οχήματος με το οποίο θα γίνονται καταγραφές. Υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας πολλών προφίλ οχημάτων. Συνεπώς ανάλογα το όχημα με το οποίο θα ξεκινήσει η καταγραφή επιλέγεται και το αντίστοιχο προφίλ. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά που συμπληρώνονται από τον χρήστη είναι τα εξής:

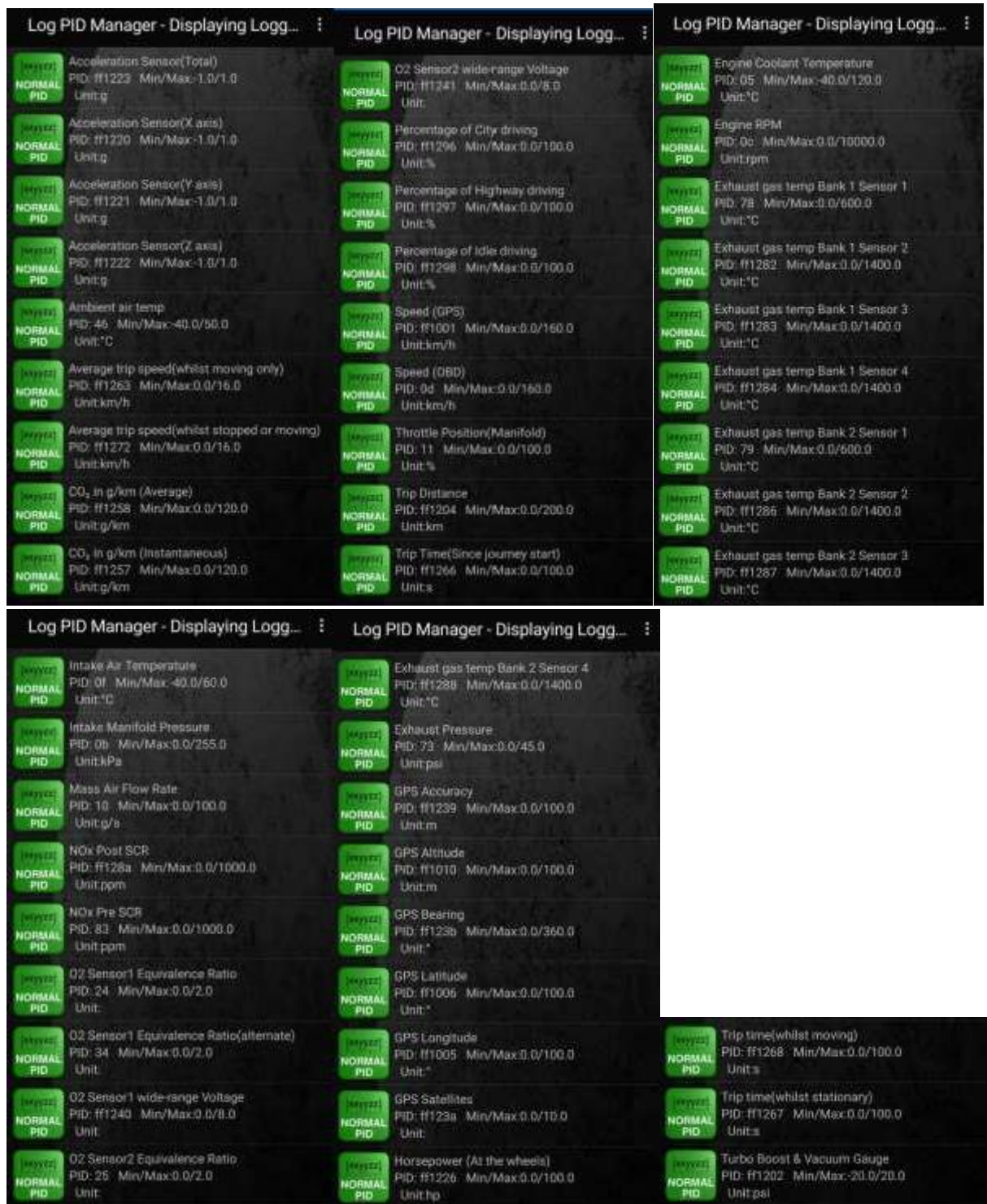
- ✓ Ο τύπος του οχήματος (αν πρόκειται για κάμπριο, SUV, Van, κάποιο είδος φορτηγού η μηχανής)
- ✓ Το Engine displacement σε λίτρα. Με άλλα ο συνολικός όγκος εμβολισμού ή κυβισμός του κινητήρα. Ορίζεται ως $VH = \pi D^2 / 4 * z * S$, όπου D η διάμετρος κάθε κυλίνδρου, z ο αριθμός των κυλίνδρων και S(stroke) η συνολική μετατόπιση που διανύει το έμβολο από το Άνω Νεκρό Σημείο στο Κάτω Νεκρό Σημείο
- ✓ Το μεικτό βάρος του οχήματος σε kg

- ✓ Τον τύπο του καυσίμου(βενζίνη ,πετρέλαιο, LPG, CNG και άλλα
 1. Η χωρητικότητα της δεξαμενής του καυσίμου (fuel tank capacity) σε μονάδα imperial gallons
 2. Τις μέγιστες δυνατές στροφές του κινητήρα σε RPM
 3. Το ποσοστό κάλυψης του καυσίμου στο ντεπόζιτο του οχήματος
 4. Το κόστος του καυσίμου σε \$ ανά Imperial Gallon
 5. Η απόσταση που διανύεται με την εφαρμογή σε λειτουργία

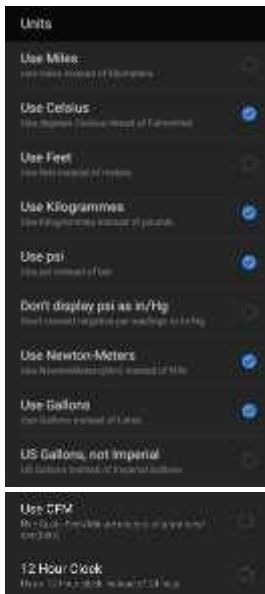
Η εικόνα δείχνει τις γενικές ρυθμίσεις της εφαρμογής:



Η εφαρμογή δίνει την δυνατότητα καταγραφής και άλλων μεγεθών εκτός των προαναφερθέντων, όπως την εκπομπή των οξειδίων του αζώτου, την θερμοκρασία του καταλύτη, τη συγκέντρωση αιθανόλης στο καύσιμο και άλλα . Όμως παρόλο που υπάρχουν ως επιλογές δεν εμφανίζουν αποτελέσματα. Συγκεκριμένα πατώντας την επιλογή Data Logging & Upload δίνεται η δυνατότητα επιλογής των μεγεθών που είναι επιθυμητή η καταγραφή τους. Τα μεγέθη αυτά φαίνονται στις παρακάτω εικόνες.



Επίσης δίνεται η δυνατότητα επιλογής των επιθυμητών μονάδων μέτρησης στα βασικά μεγέθη(από την επιλογή Units)



Τα μεγέθη που καταγράφονται έχουν επιλεχθεί από τη ρύθμιση Data Logging & Upload. Όμως ανεξάρτητα από αυτό η εφαρμογή δίνει την δυνατότητα της απεικόνισης των μεγεθών. Συγκεκριμένα κατά την διάρκεια της οδήγησης φαίνονται η διακύμανση των τιμών των μεγεθών. Η απεικόνιση γίνεται είτε με αναλογική ένδειξη, είτε ψηφιακά, είτε με συνδυασμό των δύο τρόπων, επίσης με χάρτη, με πυξίδα, με ιστόγραμμα, μπάρες και άλλα όπως φαίνονται και στις παρακάτω εικόνες.

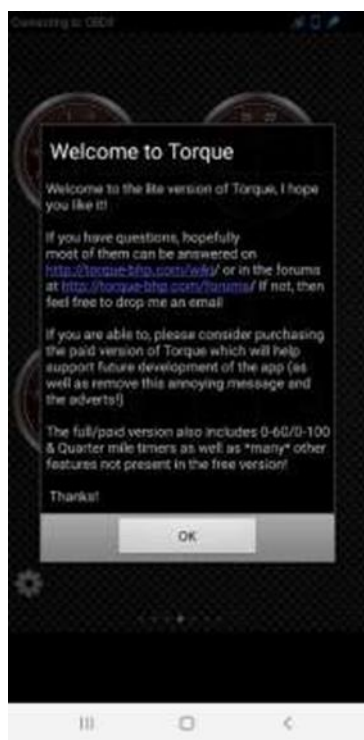


Προσθέτουμε οποιαδήποτε μέτρηση θέλουμε να εμφανίζεται στην εφαρμογή και έναν από τους προηγούμενους τρόπους απεικόνισης. Επίσης μπορούμε να ρυθμίσουμε το μέγεθος της απεικόνισης και να το μετακινήσουμε όπου θέλουμε.

Τέλος η εφαρμογή δίνει την δυνατότητα απεικόνισης της διαδρομής πάνω σε χάρτη αναγράφοντας τη συνολική απόσταση που διανύθηκε, ο χρόνος διαδρομής αλλά και την ταχύτητα το οχήματος σε κάθε σημείο της διαδρομής.

4.3. Η εφαρμογή Torque Lite

Κάποιες καταγραφές μετρήσεων δεν έγιναν από την εφαρμογή Torque, αλλά από την εφαρμογή Torque Lite. Είναι εφαρμογή της ίδιας εταιρίας αλλά με λιγότερες δυνατότητες από το Torque.



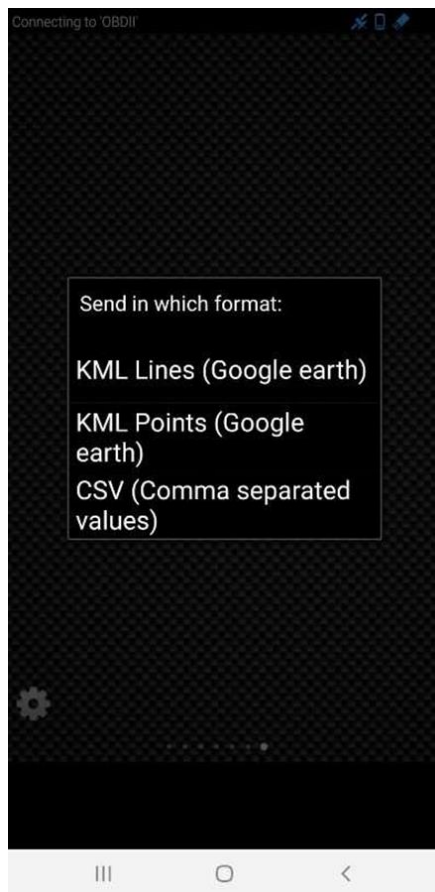
Συγκεκριμένα είναι λιγότερα τα μεγέθη τα οποία μπορούν να καταγραφούν(ημερομηνία, ώρα, γεωγραφικό πλάτος, γεωγραφικό μήκος, ταχύτητα, υψόμετρο , η επιτάχυνση της βαρύτητας στον άξονα x,y,z και η ολική επιτάχυνση της βαρύτητας, η αντίσταση μεταξύ των κινητών μερών και τέλος η απόκλιση στον

προσδιορισμό της διάδοσης των σφαλμάτων που οφείλεται στην επίδραση της δορυφορικής γεωμετρίας (DOP)).

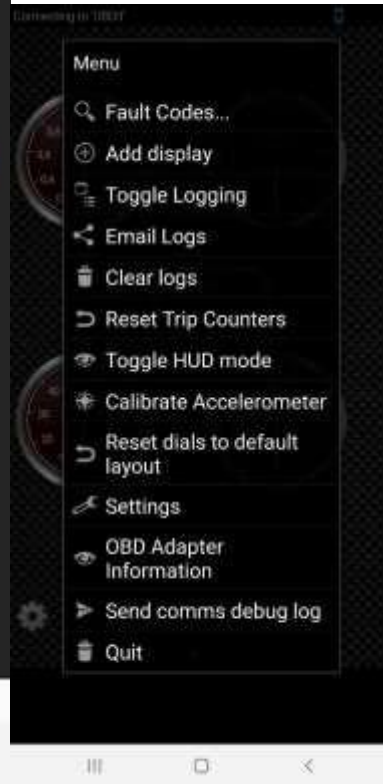
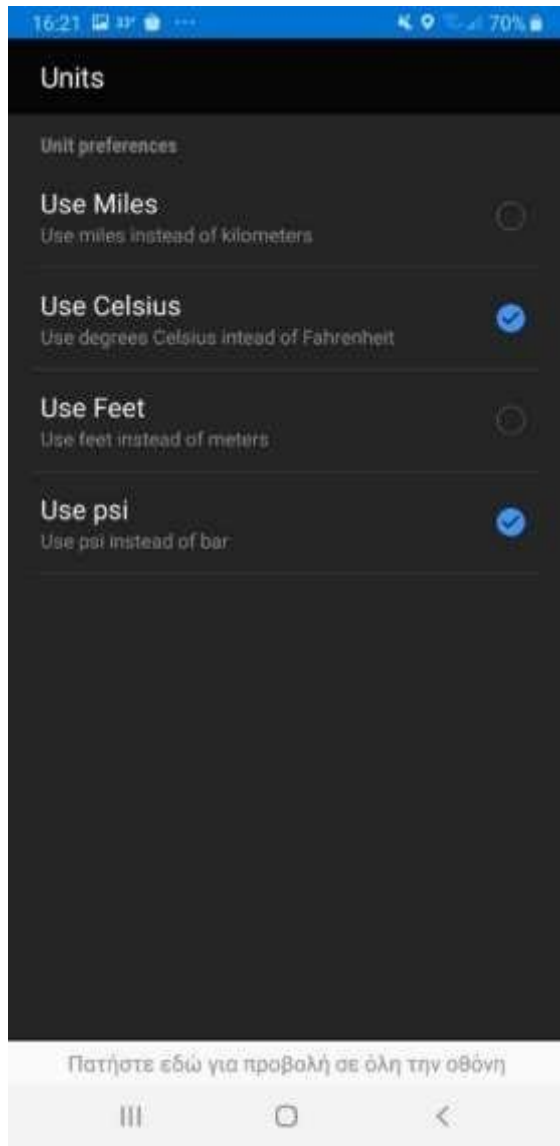
Επιπλέον οι επιλογές των μονάδων μέτρησης περιορίζονται μόνο στο μέγεθος της απόστασης με δυνατές επιλογές τα μίλα, τα χιλιόμετρα τα πόδια και τα μέτρα, στην θερμοκρασία με δυνατές επιλογές τη μονάδα Celsius ή τη μονάδα Fahrenheit και την πίεση σε μονάδα bar ή psi.

Κατά την διάρκεια της κίνησης του οχήματος είναι δυνατή η παρατήρηση των μετρούμενων μεγεθών μέσα στην εφαρμογή. Η ποικιλία των διαγραμμάτων απεικόνισης είναι πιο περιορισμένη και εισάγονται με την επιλογή Add display.

Επιλέχθηκε και σε αυτήν την εφαρμογή οι μετρήσεις να γίνονται ανά διάστημα 1 δευτερολέπτου έτσι ώστε να συμβαδίζουν με τις καταγραφές των μεγεθών που έγιναν από την εφαρμογή Torque.



Η αποστολή των αρχείων .csv γίνεται επιλέγοντας το Email Logging και επιλέγοντας το gmail ως επιλογή.





4.4. Βαθμονόμηση του επιταχυνσιόμετρου

Επιταχυνσιόμετρο είναι ένας αισθητήρας υπολογίζει την μέτρηση της επιτάχυνσης με βάση την βαρυτική δύναμη που δέχεται. Τα επιταχυνσιόμετρα μετράνε τη σωστή επιτάχυνση (proper acceleration) δηλαδή την επιτάχυνση σε σχέση με έναν αδρανειακό παρατηρητή ή έναν παρατηρητή ελεύθερης πτώσης. Συνεπώς αυτή η επιτάχυνση είναι ανεξάρτητη του συστήματος συντεταγμένων που χρησιμοποιείται. Έτσι ένα επιταχυνσιόμετρο σε ακινησία στην επιφάνεια της γης θα μετρούσε επιτάχυνση $9,81\text{m/s}^2$.

Τα κινητά περιλαμβάνουν τρεις αισθητήρες επιτάχυνσης , ο καθένας από τους οποίους είναι κάθετος μεταξύ τους και μετράει την επιτάχυνση στους 3 κάθετες άξονες x,y,z.

Διαφορετικά επιταχυνσιόμετρα που είναι ευθυγραμμισμένα το ένα με το άλλο υπολογίζουν διαφορετική σωστή επιτάχυνση λόγω διαφορετικών αισθητήρων .

Υπάρχουν τριών ειδών επιταχυνσιόμετρα: τα επιταχυνσιόμετρα πίεσης, τα πιεζοηλεκτρικά επιταχυνσιόμετρα και τα χωρητικά επιταχυνσιόμετρα. Σήμερα, τα περισσότερα κινητά χρησιμοποιούν την τρίτη κατηγορία.

Πρέπει να γίνεται βαθμονόμηση του οργάνου πριν από κάθε μέτρηση. Με απλά λόγια αφαιρείται η τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας των $9,81 \text{ m/s}^2$. Αυτό συμβαίνει έτσι ώστε όλες οι καταγραφές που γίνονται να έχουν κοινό σύστημα αναφοράς και να μην επηρεάζονται από τη διαφορετική κλίση του δρόμου ή από το διαφορετικό είδος του οδοστρώματος.

Για να γίνει αυτό το κινητό πρέπει να είναι σταθερό κατά την διάρκεια όλης της μέτρησης. Η βαθμονόμηση γίνεται μέσω της επιλογής “Calibrate Accelerometer” που διαθέτει η εφαρμογή αφού πρώτα έχει τοποθετηθεί το κινητό σε σταθερή βάση.

Η συγκεκριμένη μέτρηση έγινε για την διαδρομή Σητεία-Ηράκλειο και είχε 3 σημεία αναφοράς όπου μετράει αρχικά το κομμάτι Σητεία-Σεληνάρι, Σεληνάρι-Άγιος Νικόλαος και Άγιος Νικόλαος-Ηράκλειο (στην αριστερή λωρίδα του οδοστρώματος) ενώ έγινε άλλη μια μέτρηση για την δεξιά λωρίδα.

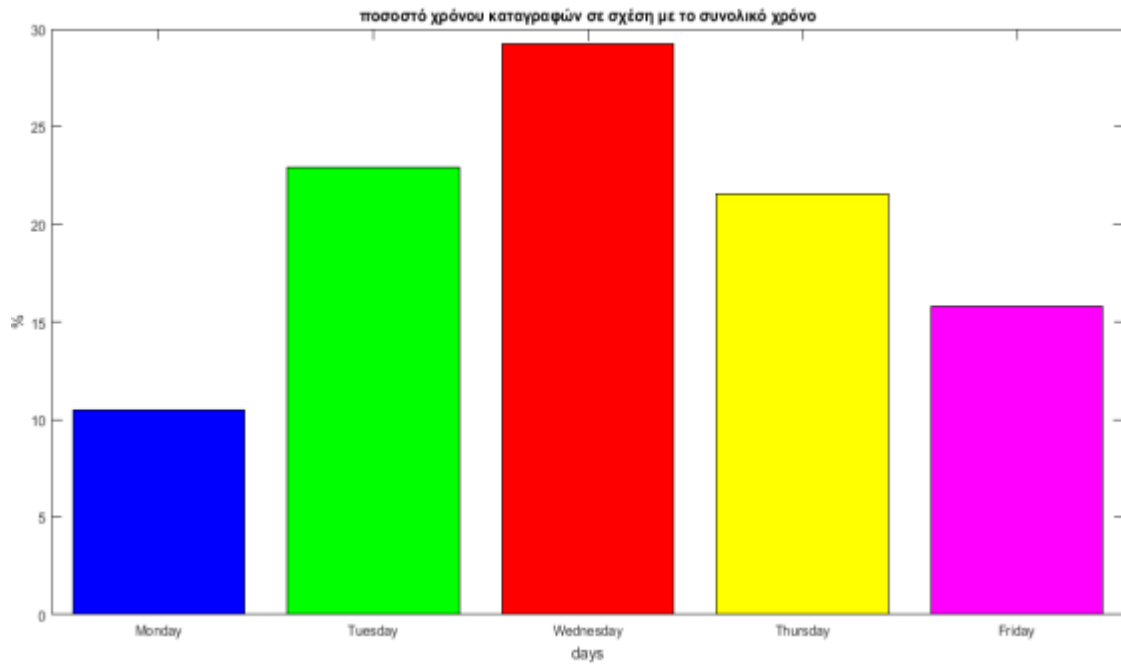
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα χαρακτηριστικά μεγέθη της κίνησης, όπως είναι οι ταχύτητες, ο αριθμός στάσεων και τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό και από τον τόπο στο οποίο μετακινείται το όχημα. Εξαιτίας του γεγονότος ότι το όχημα καθημερινά ακολουθούσε διαφορετικές διαδρομές, η σύγκριση μεγεθών αποκλειστικά με βάση το χρόνο δεν μπορεί να οδηγήσει σε ασφαλή συμπεράσματα.

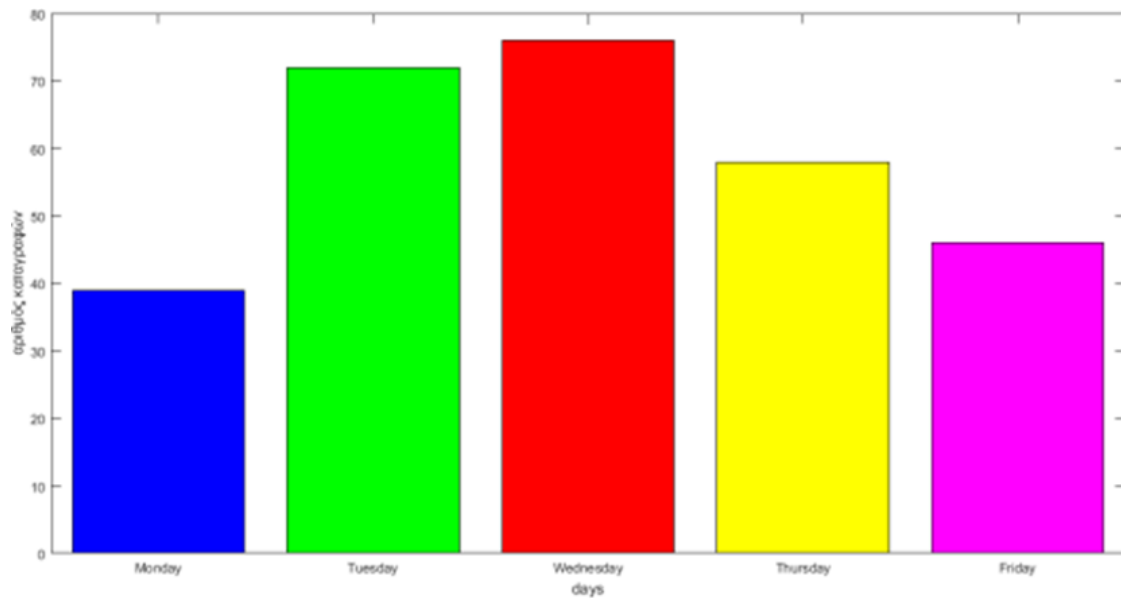
Πίνακας 7: Μεγέθη καταγραφών ανά μέρα

Μέγεθος	Μονάδα μέτρησης	Δευτέρα	Τρίτη	Τετάρτη	Πέμπτη	Παρασκευή
Απόσταση	Km	412,90	846,61	778,16	752,91	543,03
Μέση απόσταση	Km	10,59	11,76	10,24	12,98	11,80
Συνολική Χρονική διάρκεια καταγραφών	s	55579	121395	154842	114218	83806
Μέση διάρκεια καταγραφών	s	1425,1	1686	2037,4	1969,3	1821,9
Αριθμός καταγραφών		39	72	76	58	46
Ποσοστό χρόνου επιτάχυνσης	%	32,04	28,51	21,22	28,33	30,22
Ποσοστό χρόνου επιβράδυνσης	%	30,51	27,30	20,38	26,75	29,15
Ποσοστό χρόνου	%	34,29	41,01	45,56	40,83	36,79

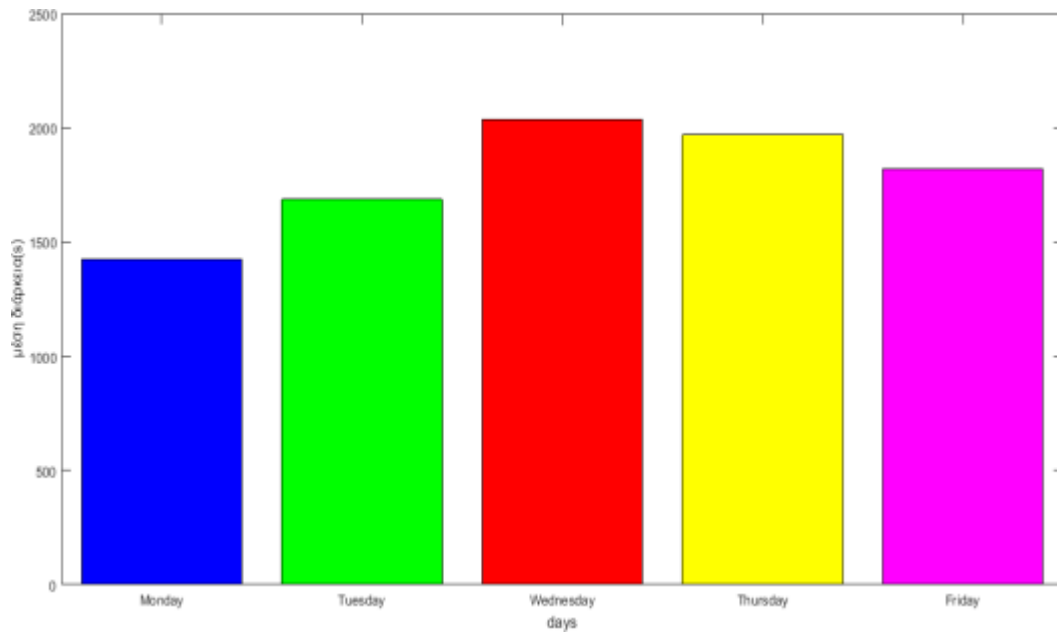
ακινήσιος						
Ποσοστό χρόνου κίνησης	%	65,70	58,99	54,43	59,17	63,20
Μέση ταχύτητα(με στάσεις)	Km/h	20,95	24,31	22,50	23,56	23,69
Μέση ταχύτητα χωρίς στάσεις	Km/h	33,46	37,65	35,80	35,60	34,99
Μέση επιτάχυνση	m/s ²	1,7289	1,7608	1,7125	1,7386	1,7493
Μέση επιβράδυνση	m/s ²	1,7517	1,7665	1,7850	1,8050	1,8126
Μέσος Αριθμός στάσεων		12,95	12,75	13,11	15,13	15,46
Μέση διάρκεια ακινήσιος κάθε καταγραφής	s	488,69	691,33	928,28	804,09	670,28
Μέσος Ρυθμός εκπομπών CO ₂	g/km	376,37	314,56	431,99	439,73	485,70



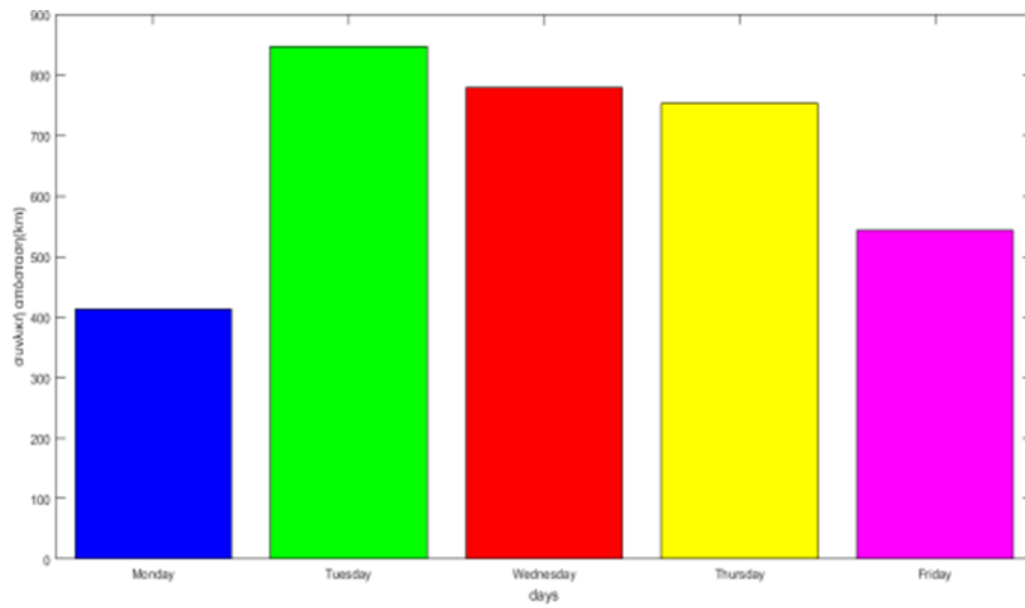
Διάγραμμα 7. Ποσοστά χρόνων καταγραφών κάθε μέρας ως προς το συνολικό χρόνο όλων των καταγραφών



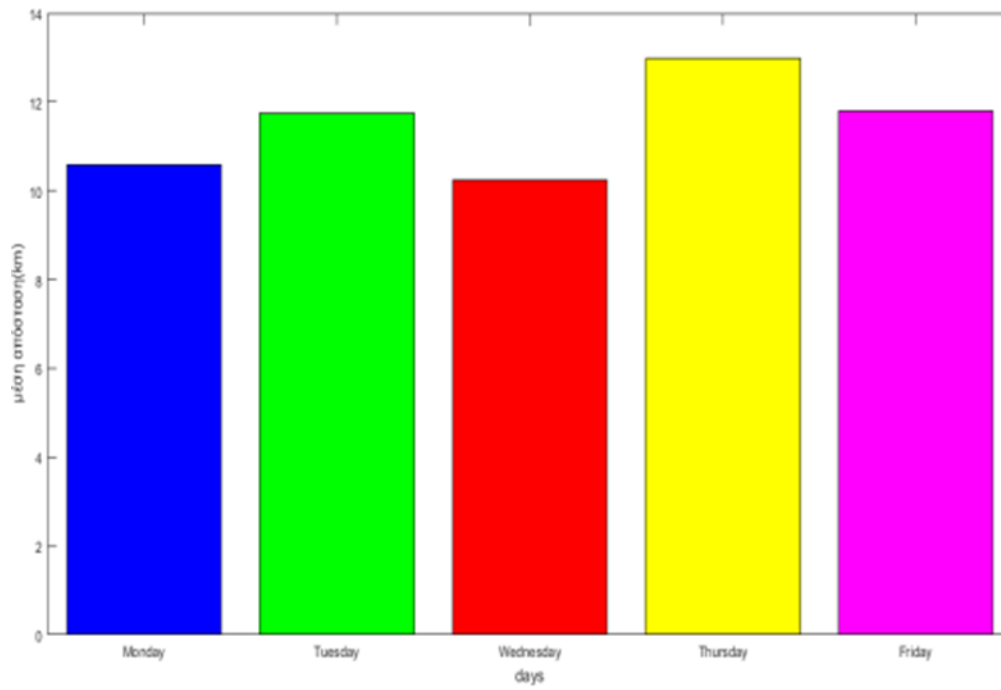
Διάγραμμα 8. Αριθμός καταγραφών για κάθε μέρα καταγραφών



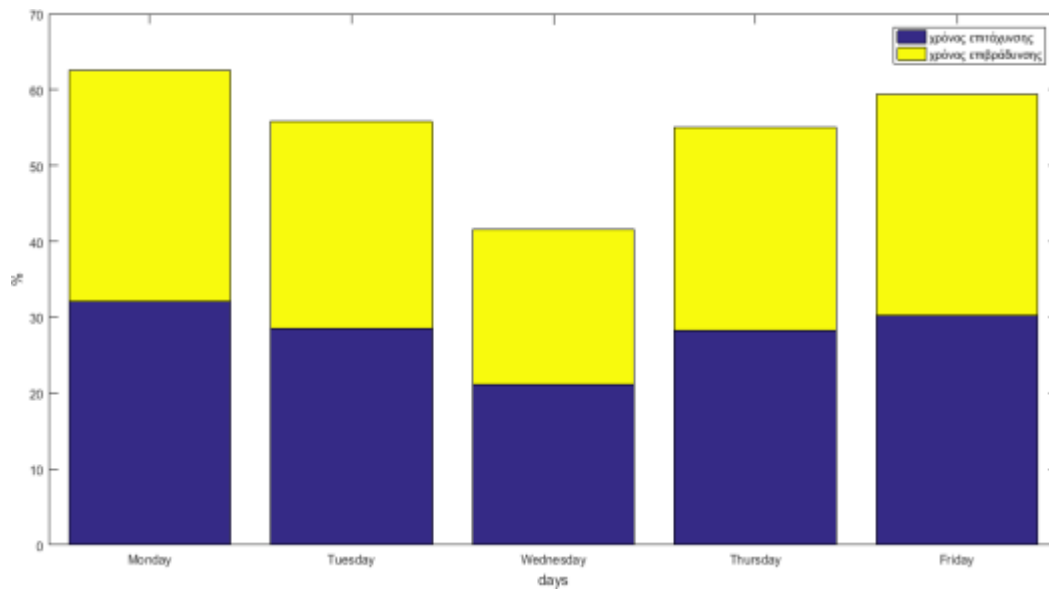
Διάγραμμα 9. Μέση διάρκεια καταγραφών για κάθε μέρα



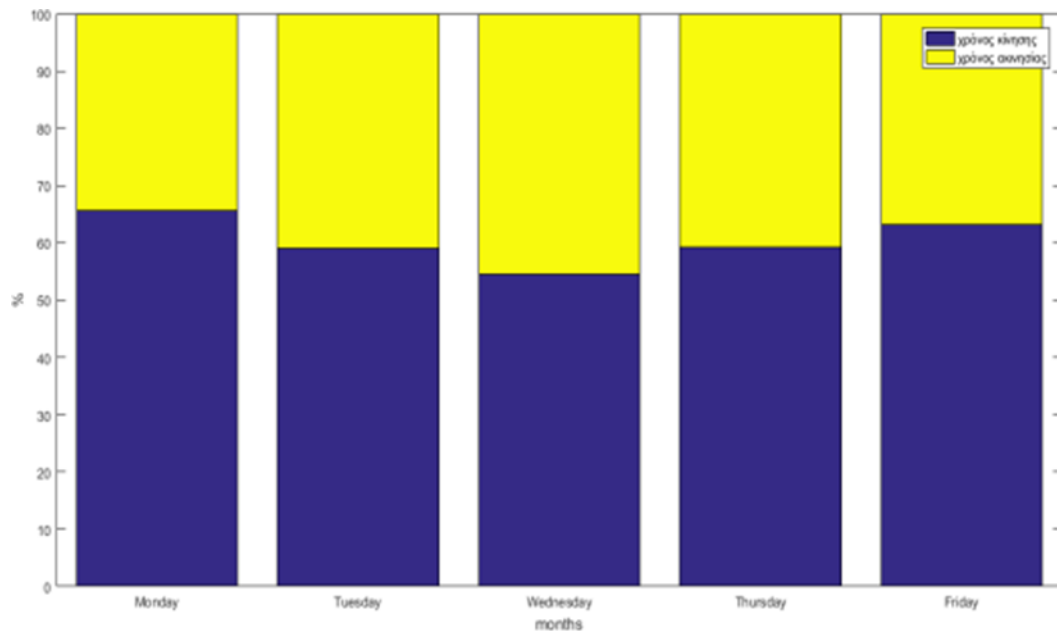
Διάγραμμα 10. Συνολική απόσταση που διανύεται συνολικά για κάθε μέρα



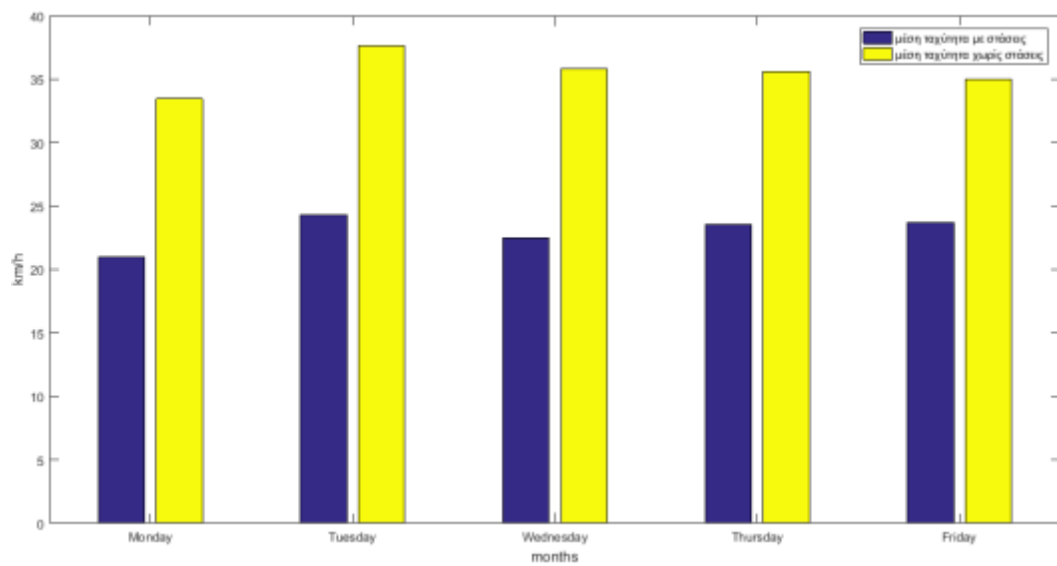
Διάγραμμα 11. Μέση απόσταση των καταγραφών για κάθε μέρα



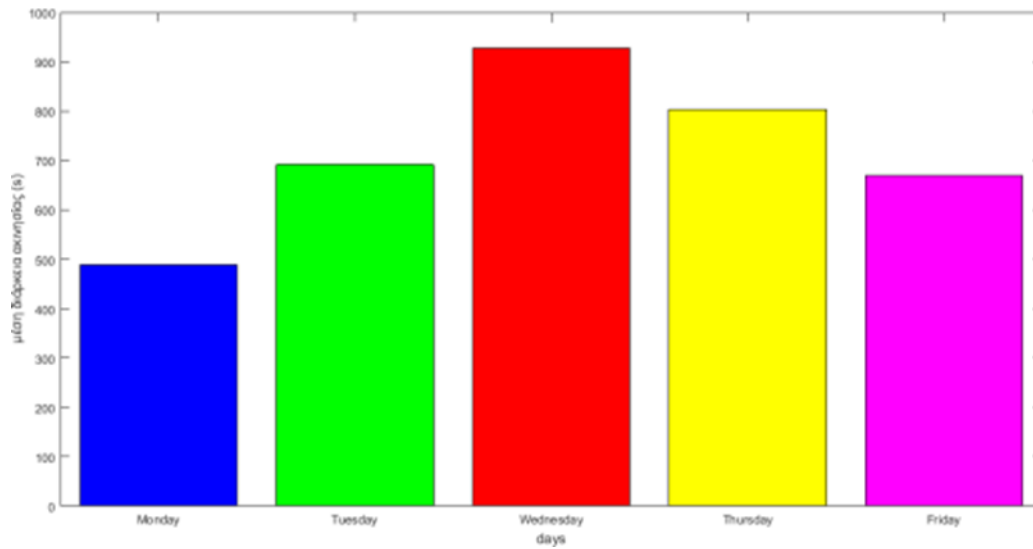
Διάγραμμα 12. Ποσοστό επιτάχυνσης και επιβράδυνσης ως προς το συνολικό χρόνο καταγραφής κάθε μέρας



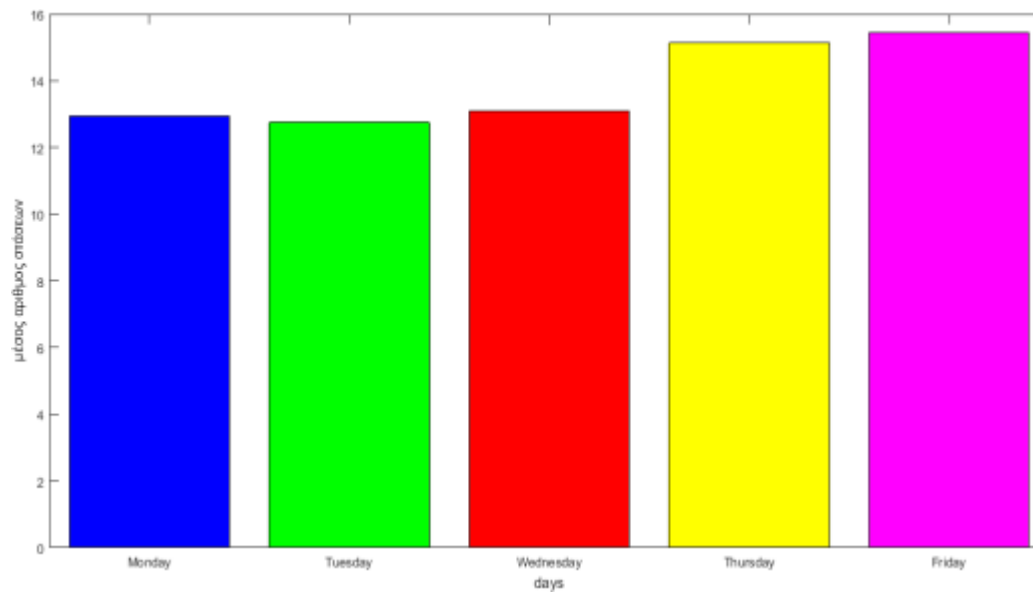
Διάγραμμα 13. Ποσοστά του συνολικού χρόνου καταγραφών της κάθε μέρας στα οποία το όχημα κινείται και είναι ακίνητο



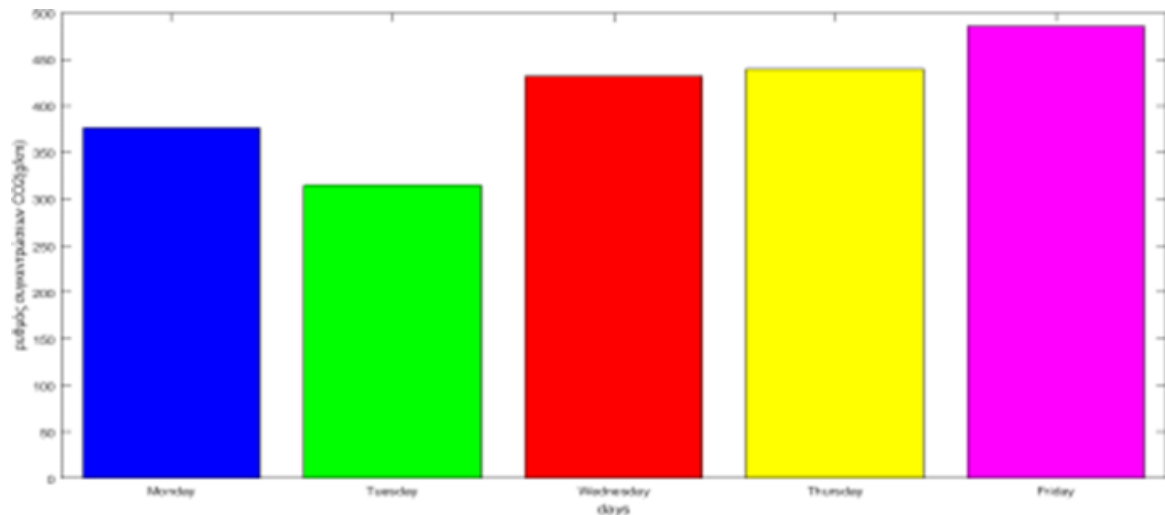
Διάγραμμα 14. Μέση ταχύτητα οδήγησης και κίνησης του οχήματος για κάθε μέρα καταγραφών



Διάγραμμα 15. Μέση διάρκεια ακινησίας των καταγραφών κάθε μέρας



Διάγραμμα 16. Μέσος αριθμός στάσεων του οχήματος για κάθε μέρα καταγραφών



Διάγραμμα 17. Μέσος ρυθμός συγκεντρώσεων εκπομπών CO₂ (g/km) του οχήματος για κάθε μέρα καταγραφών

Οι καταγραφές κίνησης όπου έγιναν τις Τετάρτες είναι πολύ περισσότερες από αυτές που έγιναν την Τρίτη. Ακολουθούν αυτές της Πέμπτης, της Παρασκευής και τέλος τις Δευτέρες έγιναν οι λιγότερες καταγραφές κίνησης. Ίδια σειρά κατάταξης έχουμε όσον αφορά και το συνολικό χρόνο των καταγραφών. Η μέση διάρκεια καταγραφών είναι μεγαλύτερη τις Τετάρτες, ακολουθούν αυτή της Πέμπτης, Παρασκευής, Τρίτης και μικρότερη μέση διάρκεια καταγραφών έχουμε τις Δευτέρες. Η μεγαλύτερη συνολική απόσταση σε χιλιόμετρα που κάλυψε το αμάξι έγινε τις Τρίτες ενώ αντίθετα το όχημα κάλυψε την λιγότερη απόσταση την Δευτέρα. Παρόλα αυτά η ελάχιστη μέση απόσταση του οχήματος ανά καταγραφή εμφανίστηκε τις Τρίτες.

Σε κάθε από μια των ημερών καταγραφής το ποσοστό κίνησης του οχήματος είναι μεγαλύτερο του ποσοστού ακινησίας του κατά την διάρκεια των καταγραφών. Το μικρότερο ποσοστό ακινησίας ως προς το συνολικό χρόνο καταγραφών εμφανίζεται τις Δευτέρες ενώ το μέγιστο τις Τετάρτες με ποσοστό περίπου στο 45%. Έτσι εξηγείται γιατί η μέση απόσταση των καταγραφών τις Δευτέρες είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη των καταγραφών που έγιναν τις Τετάρτες.

Όπως φαίνεται από τον πίνακα και από το Διάγραμμα 21 το ποσοστό του χρόνου στο οποίο το όχημα επιταχύνεται ή επιβραδύνει καταλαμβάνει πάνω από το μισό συνολικό χρόνο καταγραφών για κάθε μέρα εκτός από τις Τετάρτες. Αυτή τη μέρα ένα μεγάλο ποσοστό του χρόνου των καταγραφών το όχημα είναι ακίνητο. Όλες οι μέρες εμφανίζουν μια ομοιομορφία ως προς την μέση ταχύτητα κίνησης του

οχήματος με στάσεις και ως προς την μέση ταχύτητα κίνησης του οχήματος χωρίς στάσεις. Το πρώτο μέγεθος παίρνει τιμές περίπου στα 20-25km/h και το δεύτερο περίπου στα 33-37km/h με μεγαλύτερες τιμές των 2 μεγεθών να εμφανίζονται την Τρίτη και οι μικρότερες την Δευτέρα.

Ο μικρότερος χρόνος ακινησίας του οχήματος εμφανίζεται τις Δευτέρες, ο αμέσως επόμενος μεγαλύτερος τις Παρασκευές και ο μεγαλύτερος τις Τετάρτες. Σημαντικό επίσης μέγεθος για την μελέτη των χαρακτηριστικών οδήγησης αποτελεί ο μέσος αριθμός στάσεων που έχει το όχημα ανά καταγραφή. Με τον όρο στάση ορίζουμε την ένδειξη παραπάνω από 3 δευτερόλεπτα μηδενικής ταχύτητας. Άρα στάση μπορεί να πραγματοποιείται σε ένα φανάρι, σε δρόμο με πολλή κίνηση, σε διαβάσεις και στην περίπτωση μας έχουμε και μεγάλης διάρκειας στάσης όταν χρησιμοποιούνται όργανα μέτρησης στο πίσω μέρος του βαν που παίρνουν ρεύμα από τη μίζα του αυτοκινήτου. Ο μεγαλύτερος μέσος αριθμός στάσεων εμφανίζεται την Παρασκευή, ενώ Δευτέρα, Τρίτη και Τετάρτη έχουν σχεδόν ίδιο μέσο αριθμό στάσεων.

Όσον αφορά τις εκπομπές του CO₂ παρατηρούμε μεγάλες συγκεντρώσεις κάθε μέρα με το μέγιστο ρυθμό εκπομπής συγκεντρώσεων την Παρασκευή με 486g/km και ελάχιστο την Τρίτη με 315g/km. Γενικά παρατηρούμε ότι η διαδικασία των μετρήσεων έγινε πολύ πιο ομοιογενποιημένα ανά μέρα από ότι ανά μήνα. Αυτό φαίνεται από τους παρόμοιους συνολικούς χρόνους καταγραφής, από το παρόμοιο συνολικό αριθμό καταγραφών και αποτυπώνεται και στις ταχύτητες κίνησης αλλά και στους ρυθμούς εκπομπής του CO₂.

Στην συνέχεια, έγινε η κατηγοριοποίηση των καταγραφών ανάλογα με την ώρα έναρξης της λειτουργίας του κινητήρα, συνεπώς και την ώρα της έναρξης των καταγραφών. Οι καταγραφές προτιμήθηκαν να χωριστούν σε 3 κατηγορίες ανάλογα με την ώρα έναρξης των καταγραφών. Η πρώτη αφορά τις καταγραφές που η έναρξη τους έγινε μεταξύ του διαστήματος 8:00-10:59, η δεύτερη μεταξύ του διαστήματος ωρών 11:00-13:59 και η τρίτη μεταξύ του διαστήματος 14:00-18:59.

Ο ορισμός των διαστημάτων των ωρών έγινε με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε η κάθε κατηγορία να περιέχει συγκρίσιμο αριθμό καταγραφών έτσι ώστε τα μεγέθη κίνησης που μελετώνται να είναι συγκρίσιμα μεταξύ τους. Για αυτό το λόγο η τελευταία

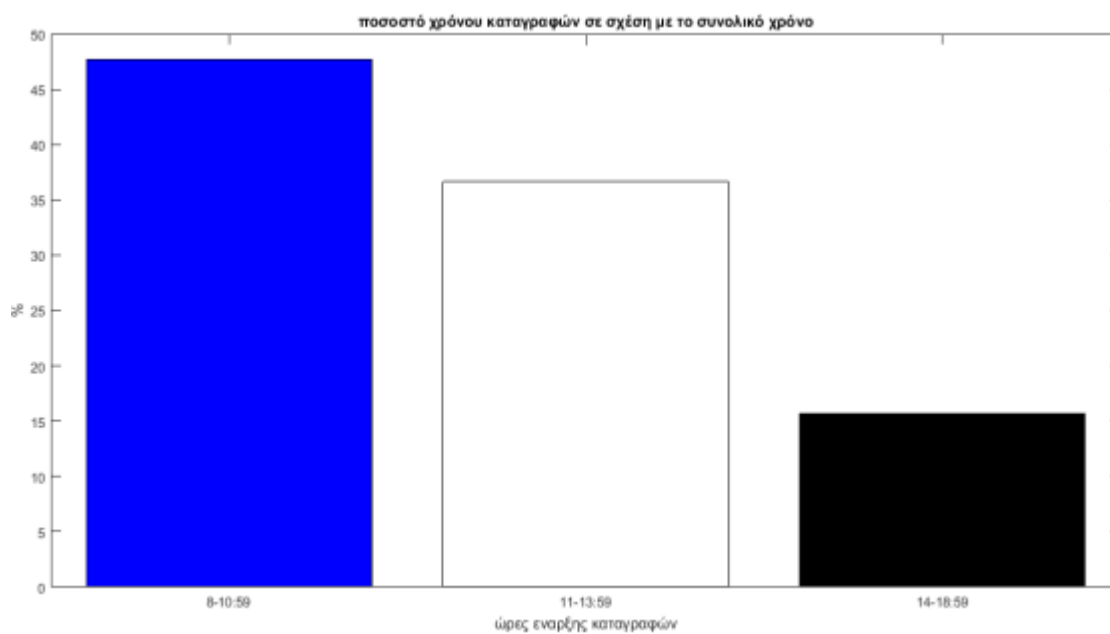
κατηγορία περιλαμβάνει διάστημα 5 ωρών καθώς οι καταγραφές μετά τις 17:00 ήταν ελάχιστες και δε θα μπορούσαν να αποτελούν ανεξάρτητη κατηγορία.

Επίσης πρέπει να τονιστεί ότι δεν είναι απαραίτητο μια καταγραφή που ξεκίνησε σε ένα συγκεκριμένο διάστημα ωρών να ολοκληρώθηκε στο ίδιο διάστημα ωρών. Παρόλα αυτά δεν λήφθηκε υπόψη καθόλου η ώρα λήξης των καταγραφών. Κάθε καταγραφή κατατάσσεται σε κάποια από τις τρεις προαναφερθείσες κατηγορίες αποκλειστικά και μόνο από την ώρα έναρξης των καταγραφών. Η διάρκεια των καταγραφών μπορεί να είναι λιγότερη της 1 ώρας (η πιο συνηθισμένη περίπτωση) και η μέγιστη διάρκεια καταγραφής ήταν οι 2 ώρες.

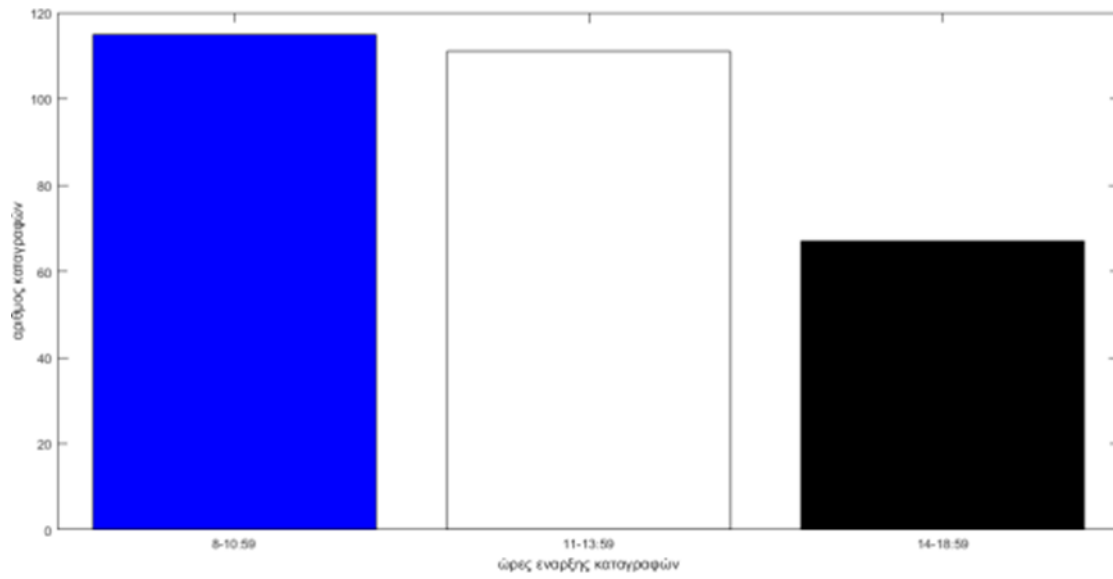
Πίνακας 8:Καταγραφές ανά ώρα εκκίνησης και χαρακτηριστικά μεγέθη

Μέγεθος	Μονάδα μέτρησης	8:00-10:59	11:00-13:59	14:00-18:59
Απόσταση	km	1420,7	1155,9	758,9
Μέση απόσταση	km	12,35	10,41	11,33
Συνολική Χρονική διάρκεια καταγραφών	s	252.972	194.420	83.254
Μέση διάρκεια καταγραφών	s	2199,8	1751,5	1242,6
Αριθμός καταγραφών		115	111	67
Ποσοστό χρόνου επιτάχυνσης	%	25,44	27,35	30,81
Ποσοστό χρόνου επιβράδυνσης	%	24,25	25,88	30,27
Ποσοστό χρόνου ακινησίας	%	41,65	44,64	30,16
Ποσοστό χρόνου κίνησης	%	58,35	55,36	69,84

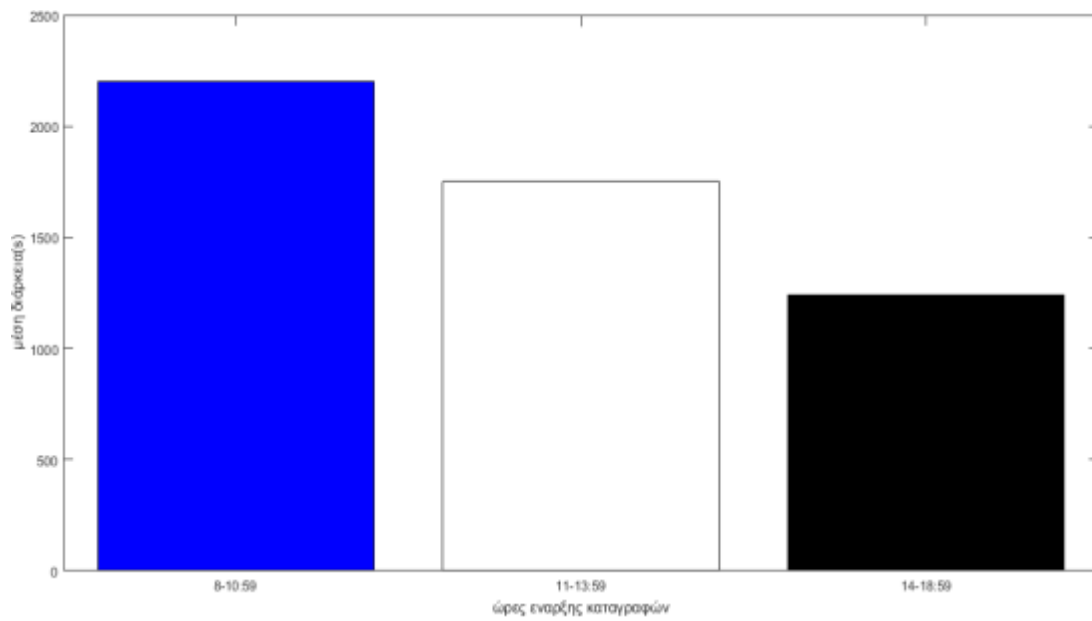
Μέση ταχύτητα(με στάσεις)	Km/h	19,89	23,79	26,91
Μέση ταχύτητα χωρίς στάσεις	Km/h	33,95	29,52	44,17
Μέση επιτάχυνση	m/s ²	1,7215	1,7359	1,7625
Μέση επιβράδυνση	m/s ²	1,7693	1,8063	1,7687
Μέσος Αριθμός στάσεων		15,27	13	12,25
Μέση διάρκεια ακινησίας κάθε καταγραφής		916,11	781,80	374,76
Μέσος Ρυθμός εκπομπών CO ₂	g/km	360,95	401,69	531,21



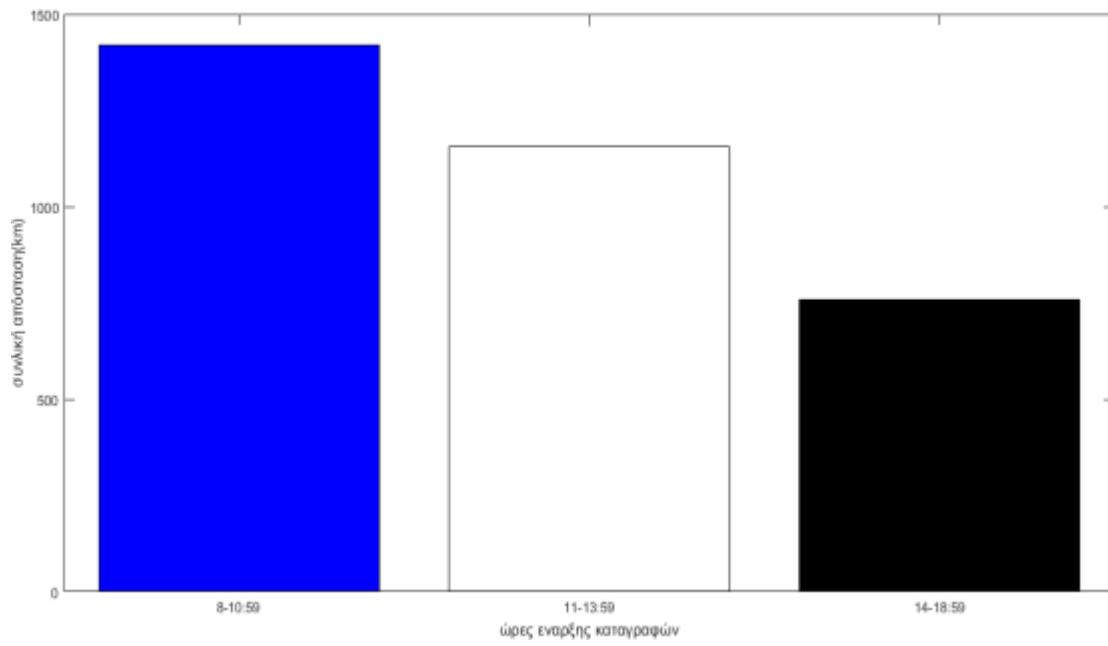
Διάγραμμα 18. Ποσοστό χρόνου καταγραφών με ώρα έναρξης τους την αναγραφόμενη σε σχέση με το συνολικό χρόνο



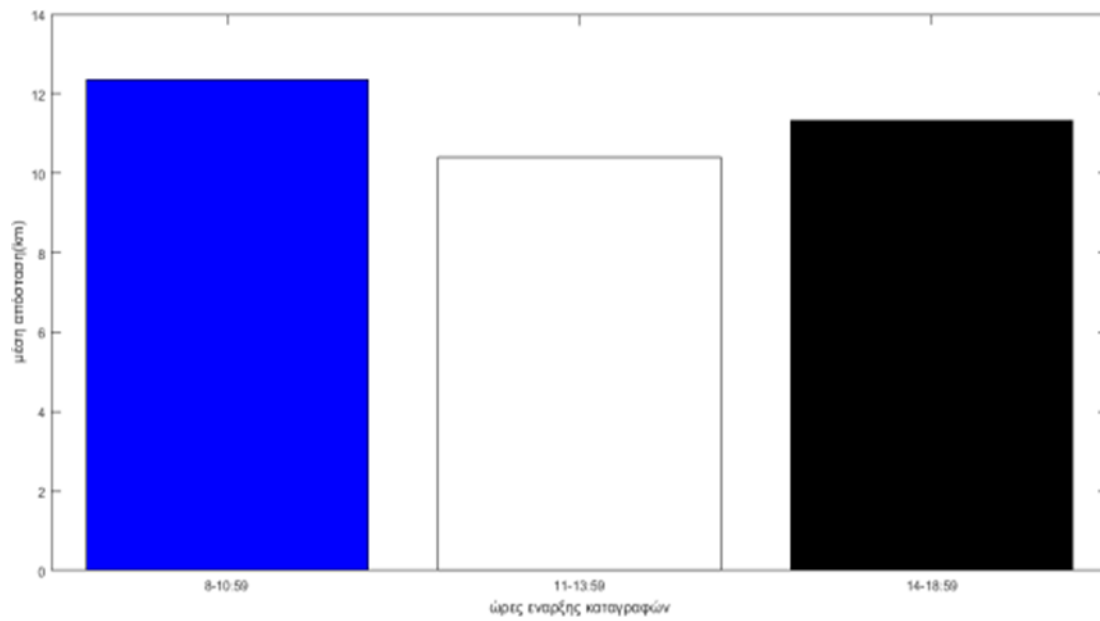
Διάγραμμα 19. Αριθμός καταγραφών ανάλογα με την ώρα έναρξης της καταγραφής



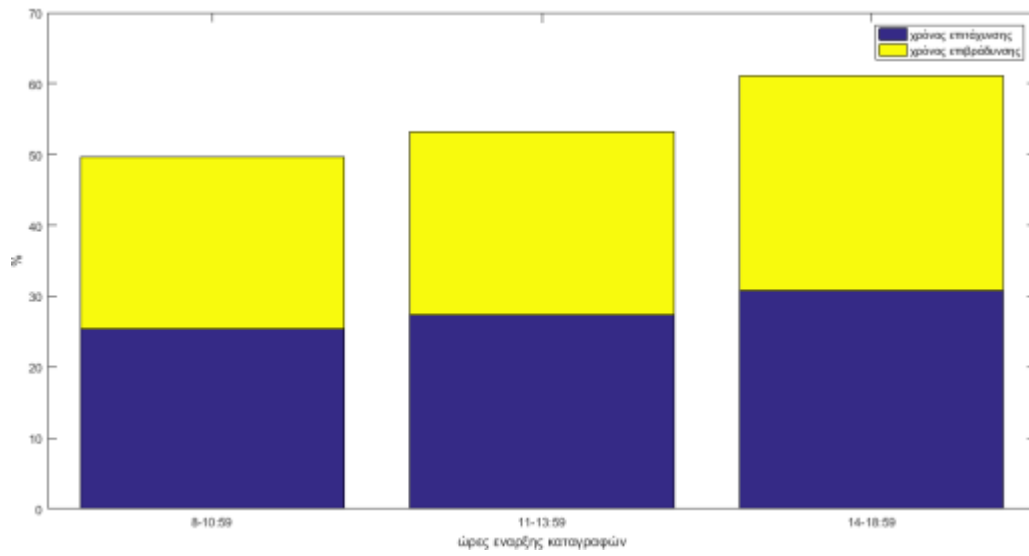
Διάγραμμα 20. Μέση διάρκεια των καταγραφών για κάθε ένα διάστημα ωρών



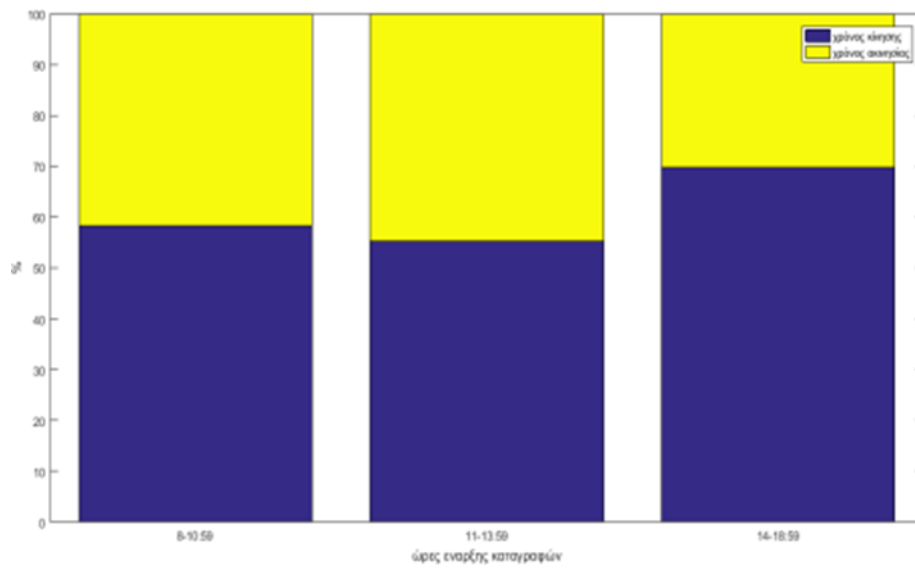
Διάγραμμα 21. Συνολική απόσταση που διένυσε το όχημα ανάλογα με την ώρα έναρξης των καταγραφών



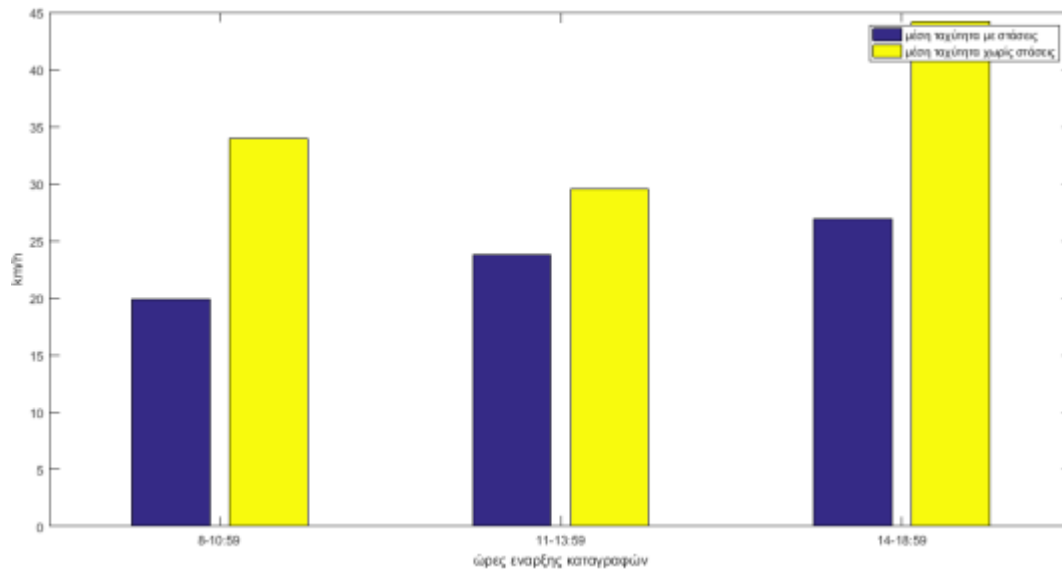
Διάγραμμα 22. Μέση απόσταση καταγραφών ανάλογα με την ώρα έναρξης των καταγραφών



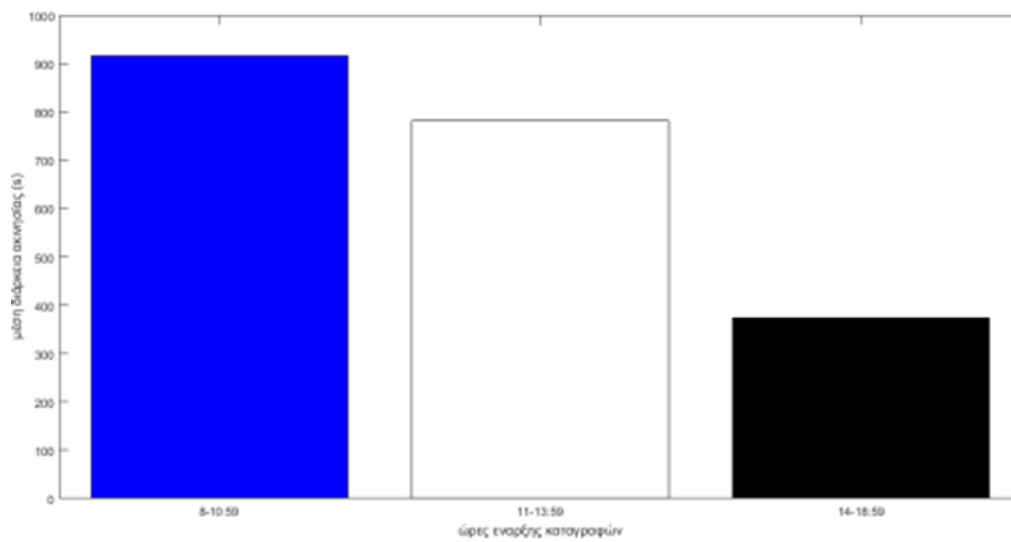
Διάγραμμα 23. Ποσοστά χρόνου επιτάχυνσης και επιβράδυνσης στο σύνολο των καταγραφών κάθε κατηγορίας



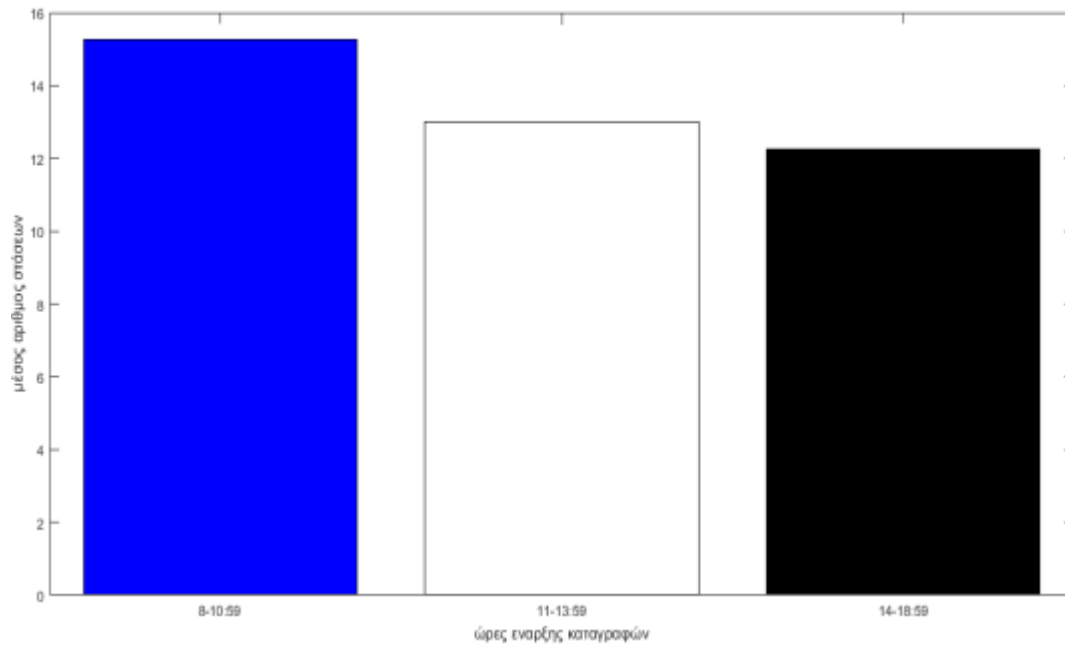
Διάγραμμα 24. Ποσοστά χρόνου κίνησης και ακινησίας των συνολικών καταγραφών κάθε κατηγορίας



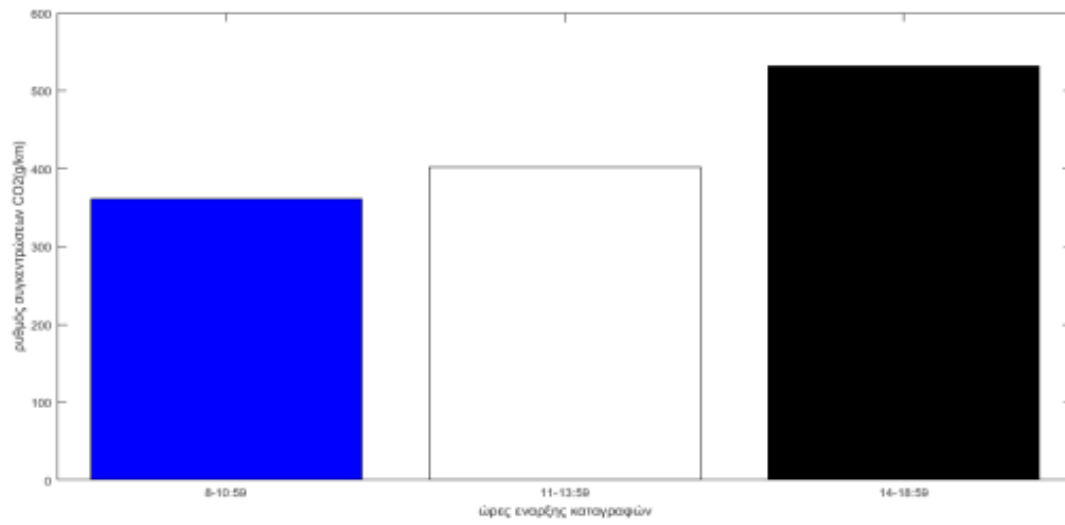
Διάγραμμα 25. Μέση ταχύτητα κίνησης του οχήματος με και χωρίς στάσεις



Διάγραμμα 26. Μέση διάρκεια που το όχημα είναι ακινητοποιημένο σε κάθε καταγραφή



Διάγραμμα 27. Μέσος αριθμός στάσεων των καταγραφών



Διάγραμμα 28. Μέσος ρυθμός συγκεντρώσεων εκπομπών CO₂ (g/km) του οχήματος για κάθε διάστημα ωρών

Καταρχάς ο συνολικός χρόνος των καταγραφών είναι αρκετά μεγαλύτερος στο διάστημα ωρών 8:00-10:59 από ότι στο διάστημα ωρών 11:00-13:59. Στο απογευματινό διάστημα 13:59-18:59 τόσο ο συνολικός χρόνος καταγραφής αλλά και ο αριθμός των καταγραφών είναι αρκετά μικρότερος. Επίσης ο αριθμός των καταγραφών των πιο πρωινών ωρών είναι κατά λίγο μεγαλύτερος από τον αριθμό των καταγραφών που ξεκίνησαν μεταξύ 11 το πρωί και πριν την 13:59. Αυτό σημαίνει ότι ενώ έχουμε παρόμοιο αριθμό καταγραφών μεταξύ των πρώτων 2 διαστημάτων της ώρας ο συνολικός χρόνος των καταγραφών που ξεκίνησαν τις πρωινές ώρες μεταξύ 8 και 11 είναι αρκετά μεγαλύτερος. Με άλλα λόγια η μέση διάρκεια των καταγραφών του 1ου διαστήματος είναι αρκετά μεγαλύτερος από αυτό του 2ου και του 2ου αντίστοιχα από του 3ου.

Η συνολική απόσταση ακολουθεί ίδια αύξουσα πορεία, με μεγαλύτερη συνολική απόσταση στο 1ο διάστημα ωρών και μικρότερη στο 3ο. Παρόλα αυτά, η μέση απόσταση των καταγραφών που ξεκίνησαν μεταξύ 14:00 και 18:59 είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη μεταξύ 11:00 και 13:59. Ίσως συμβαίνει αυτό διότι ενώ στο 3ο διάστημα έχουμε μικρότερη συνολική διανυόμενη απόσταση ,έχουμε επίσης και μικρότερο αριθμό καταγραφών. Τα ποσοστά χρόνου επιτάχυνσης και επιβράδυνσης είναι σχεδόν ίδια για όλες τις ώρες. Αθροιστικά το μεγαλύτερο ποσοστό χρόνου μη σταθερής ταχύτητας καταλαμβάνουν οι καταγραφές που άρχισαν μεταξύ 14:00 και 18:59. Συνεπώς και το μικρότερο ποσοστό ακινησίας(περίπου 30%) κατέχουν οι καταγραφές των απογευματινών ωρών.

Σε όλες τις κατηγορίες το ποσοστό κίνησης του οχήματος είναι μεγαλύτερο από το ποσοστό ακινησίας. Οι μέσες ταχύτητες με στάσεις κατά αύξουσα σειρά είναι η μέση ταχύτητα της 1ης κατηγορίας, ακολουθεί της 2ης και μεγαλύτερη από όλες η 3η. Αντίθετα οι ταχύτητες χωρίς στάσεις κατά αύξουσα σειρά είναι πρώτη της 2ης, στη συνέχεια της 1ης και πάλι μεγαλύτερη από όλες της 3ης. Λόγω του μικρού ποσοστού ακινησίας της 3ης κατηγορίας η διαφορά μεταξύ ταχύτητας με και χωρίς στάσεις είναι μικρή.

Η μέση διάρκεια ακινησίας είναι η μεγαλύτερη στις καταγραφές που άρχισαν από την 8:00 ως την 10:59 και η μικρότερη στις καταγραφές του διαστήματος 14:00 και 18:59. Οι συγκεντρώσεις του CO₂ εμφανίζουν αντίθετη κατάταξη. Συγκεκριμένα ο

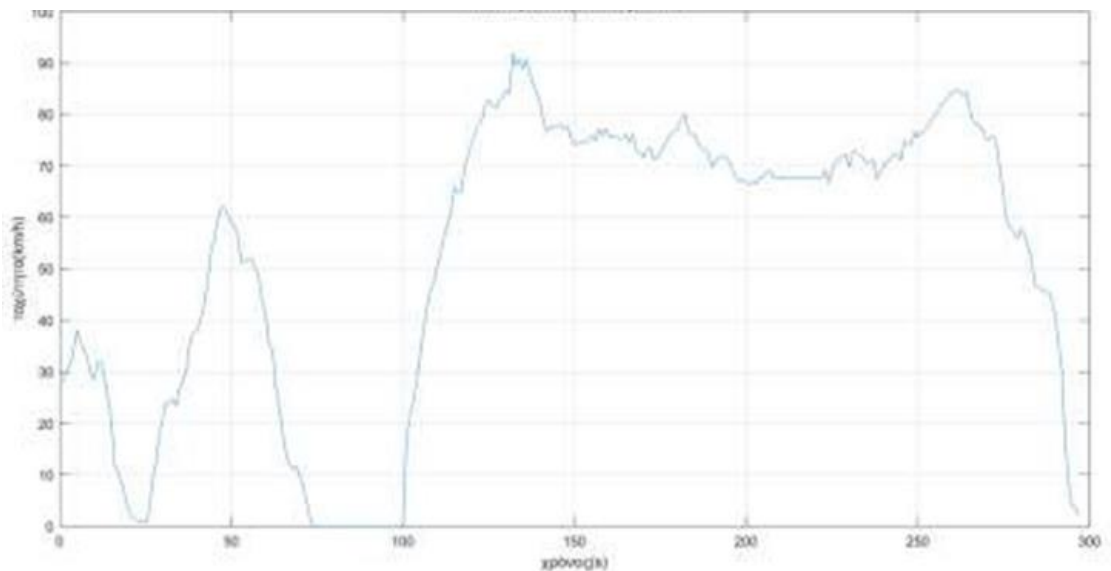
ρυθμός εκπομπών g/km του CO₂ είναι μεγαλύτερος στις ώρες 14:00-18:59 και μικρότερος στις 8:00-10:59.

Τέλος, για τον κύκλο οδήγησης της περιοχής έχουμε τα ακόλουθα:

Πίνακας 8: Αττική οδός και μεγέθη κίνησης

Μέγεθος	Μονάδα μέτρησης	Αττική οδός- καταγραφές	Αττική οδός κύκλος
Συνολική Χρονική διάρκεια	s	39180	
Μέση διάρκεια	s	252,77	297
Ποσοστό χρόνου επιτάχυνσης	%	41,6	42,42
Ποσοστό χρόνου επιβράδυνσης	%	39,86	43,77
Ποσοστό χρόνου ακινησίας	%	5,99	9,09
Ποσοστό χρόνου κίνησης	%	94,01	90,91
Μέση απόσταση	km	4,71	4,32
Μέση ταχύτητα(με στάσεις)	km/h	62,45	52,41
Μέση ταχύτητα χωρίς στάσεις	km/h	65,25	57,64
Μέση επιτάχυνση	m/s ²	1,556	1,89
Μέση επιβράδυνση	m/s ²	1,76	2,04

Μέσος στάσεων	Αριθμός		0,84	1
------------------	---------	--	------	---



Διάγραμμα 29. Κύκλος πόλης ερευνηθείσας διαδρομής

Αποτελείται από δύο διαστήματα ταχυτήτων .Στο πρώτο η ταχύτητα πλησιάζει τα 40km/h και αφού επιβραδύνει σημαντικά αγγίζει τα 60km/h. Το δεύτερο διάστημα καλύπτει το μεγαλύτερο ποσοστό της χρονικής διάρκειας του κύκλου. Χαρακτηρίζεται από μια σημαντική αύξηση της ταχύτητας και οδήγησης σε ένα σταθερό εύρος ταχυτήτων 70-90Km/h. Στο τέλος του η ταχύτητα του οχήματος μειώνεται σημαντικά. Στο δεύτερο διάστημα οι διακυμάνσεις της ταχύτητας είναι μικρές.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κύκλος οδήγησης είναι μια χρονολογική σειρά δεδομένων ταχύτητας των οχημάτων. Δηλαδή για κάθε κύκλο οδήγησης προκύπτει διάγραμμα ταχύτητας χρόνου που αναπαριστά την κίνηση του οχημάτων. Βασικός σκοπός δημιουργίας των κύκλων οδήγησης είναι η αναπαράσταση της οδήγησης, ο υπολογισμός των εκπεμπόμενων ρύπων, ο υπολογισμός της κατανάλωσης καυσίμου, ο υπολογισμός συντελεστών εκπομπής καθώς και η συσχέτιση μεταξύ εκπεμπόμενων ρύπων και τις ιδιότητες καυσίμου.

Πρωτοεμφανίστηκαν το 1970 και χρησιμοποιούνται από Υπηρεσίες Προστασίας Περιβάλλοντος, από συγκοινωνιολόγους και από ερευνητικά και πανεπιστημιακά ιδρύματα.

Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες κύκλων οδήγησης:

Οι κύκλοι μόνιμης λειτουργίας (modal driving cycles). Αυτοί οι κύκλοι οδήγησης αποτελούνται από χρονικά διαστήματα σταθερών ταχυτήτων και σταθερών επιταχύνσεων. Δεν αναπαριστούν τις πραγματικές συνθήκες οδήγησης.

Οι κύκλοι μεταβατικής λειτουργίας (transient driving cycles) που δεν περιλαμβάνουν χρονικά διαστήματα σταθερών ταχυτήτων και σταθερών επιταχύνσεων. Αντιπροσωπεύουν την πραγματική οδήγηση λαμβάνοντας υπόψη όλη την λειτουργία του κινητήρα.

Υπάρχουν οι θεσμοθετημένοι κύκλοι οδήγησης (legislative driving cycles) που είναι απαραίτητοι για την έγκριση τύπου κάθε οχήματος. Συγκεκριμένα τα οχήματα οδηγούνται στην δυναμομετρική εξέδρα και η οδήγηση τους ακολουθεί το προφίλ του θεσμοθετημένου κύκλου. Υπολογίζεται η εκπομπή των ρύπων που πρέπει να πληροί τα όρια συγκεντρώσεων. Στην ΕΕ έτοιμος κύκλος είναι ο WLTP και τα όρια συγκεντρώσεων των ρύπων είναι ορισμένα από το Euro

Αντίστοιχα στην Αμερική ο θεσμοθετημένος κύκλος οδήγησης είναι ο FTP-75 και στην Ιαπωνία ο JC08. Οι κύκλοι αυτοί που χρησιμοποιούνται για την έγκριση αντλούν δεδομένα οδήγησης από οδήγηση πάνω σε δυναμομετρική εξέδρα. Τα

τελευταία χρόνια έχουν αρχίσει να λαμβάνουν υπόψη και συνθήκες πραγματικών μετρήσεων.

Όμως οι θεσμοθετημένοι κύκλοι οδήγησης αφορούν μεγάλες γεωγραφικές περιοχές, πολλές πόλεις και συνεπώς μεγάλη ποικιλία οδικών συμπεριφορών. Ως εκ τούτου άρχισε η ανάπτυξη κύκλων οδήγησης πιο μικρών γεωγραφικών περιοχών για την καλύτερη αξιολόγηση της ποιότητας του αέρα σε μία πιο στενή γεωγραφικά περιοχή.

Οι κύκλοι που αντλούν δεδομένα πραγματικής κίνησης των οχημάτων ορίζονται ως κύκλοι οδήγησης πραγματικών συνθηκών (Real Driving Cycles). Αυτά τα δεδομένα συλλέγονται από το καταγραφικό και δέχονται στατιστική επεξεργασία. Έτσι αυτοί οι κύκλοι οδήγησης περιλαμβάνουν πολλές στάσεις, απότομες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις και μεγάλες μεταβολές φορτίου. Η μορφή τους επηρεάζεται από παράγοντες όπως η κλίση του δρόμου, τη λειτουργία ηλεκτρονικών εγκαταστάσεων (π.χ. Air condition), την συμπεριφορά του οδηγού αλλά και το είδος του δρόμου (αστική περιοχή, αυτοκινητόδρομος, αγροτικός δρόμος, εθνική οδός).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Andre, M. (2009). *Real-world driving cycles for measuring cars pollutant emissions-Part A: The ARTEMIS European driving cycles* (Doctoral dissertation, IFSTTAR-Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux).

Baure, G., & Dubarry, M. (2019). Synthetic vs. real driving cycles: A comparison of electric vehicle battery degradation. *Batteries*, 5(2), 42.

Bendrich, M., Scheuer, A., Hayes, R. E., & Votsmeier, M. (2020). Increased SCR performance of Cu-CHA due to ammonium nitrate buffer: Experiments with oscillating NO/NO₂ ratios and application to real driving cycles. *Applied Catalysis B: Environmental*, 270, 118763.

Borlaug, B., Holden, J., Wood, E., Lee, B., Fink, J., Agnew, S., & Lustbader, J. (2020). Estimating region-specific fuel economy in the United States from real-world driving cycles. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 86, 102448

Changizian, S., Ahmadi, P., Raeesi, M., & Javani, N. (2020). Performance optimization of hybrid hydrogen fuel cell-electric vehicles in real driving cycles. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(60), 35180-35197.

Dai, Z., Niemeier, D., & Eisinger, D. (2008). Driving cycles: a new cycle-building method that better represents real-world emissions. *Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, Davis*.

Della Ragione, L., & Giovanni, M. (2016). The influence of road gradient in an integrated approach of real driving cycles and emissions factors model. *Transportation Research Procedia*, 14, 3179-3188.

Dembski, N., Guezennec, Y., & Soliman, A. (2002). Analysis and experimental refinement of real-world driving cycles. *SAE Transactions*, 322-333.

Duarte, G. O., Gonçalves, G. A., & Farias, T. L. (2016). Analysis of fuel consumption and pollutant emissions of regulated and alternative driving cycles based on real-

world measurements. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 44, 43-54.

Förster, D., Inderka, R. B., & Gauterin, F. (2019). Data-Driven Identification of Characteristic Real-Driving Cycles Based on k-Means Clustering and Mixed-Integer Optimization. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 69(3), 2398-2410.

Fontaras, G., Pistikopoulos, P., & Samaras, Z. (2008). Experimental evaluation of hybrid vehicle fuel economy and pollutant emissions over real-world simulation driving cycles. *Atmospheric environment*, 42(18), 4023-4035.

Fontaras, G., Karavalakis, G., Kousoulidou, M., Tzamkiozis, T., Ntziachristos, L., Bakeas, E., ... & Samaras, Z. (2009). Effects of biodiesel on passenger car fuel consumption, regulated and non-regulated pollutant emissions over legislated and real-world driving cycles. *Fuel*, 88(9), 1608-1617.

Gong, Q., Midlam-Mohler, S., Marano, V., & Rizzoni, G. (2011). An iterative markov chain approach for generating vehicle driving cycles. *SAE International Journal of Engines*, 4(1), 1035-1045.

Huertas, J. I., Quirama, L. F., Giraldo, M., & Díaz, J. (2019). Comparison of three methods for constructing real driving cycles. *Energies*, 12(4), 665.

Lee, T. K., & Filipi, Z. S. (2011). Synthesis of real-world driving cycles using stochastic process and statistical methodology. *International journal of vehicle design*, 57(1), 17-36.

Lyu, M., Bao, X., Wang, Y., & Matthews, R. (2020). Analysis of emissions from various driving cycles based on real driving measurements obtained in a high-altitude city. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 234(6), 1563-1571.

Ma, R., He, X., Zheng, Y., Zhou, B., Lu, S., & Wu, Y. (2019). Real-world driving cycles and energy consumption informed by large-sized vehicle trajectory data. *Journal of cleaner production*, 223, 564-574.

Nyberg, P., Frisk, E., & Nielsen, L. (2015). Using real-world driving databases to generate driving cycles with equivalence properties. *IEEE transactions on Vehicular Technology*, 65(6), 4095-4105.

Roso, V. R., Santos, N. D. S. A., Valle, R. M., Alvarez, C. E. C., Monsalve-Serrano, J., & García, A. (2019). Evaluation of a stratified prechamber ignition concept for vehicular applications in real world and standardized driving cycles. *Applied Energy*, 254, 113691.

Seers, P., Nachin, G., & Glaus, M. (2015). Development of two driving cycles for utility vehicles. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 41, 377-385.

Shi, S., Lin, N., Zhang, Y., Cheng, J., Huang, C., Liu, L., & Lu, B. (2016). Research on Markov property analysis of driving cycles and its application. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 47, 171-181.

Wang, Q., Huo, H., He, K., Yao, Z., & Zhang, Q. (2008). Characterization of vehicle driving patterns and development of driving cycles in Chinese cities. *Transportation research part D: Transport and Environment*, 13(5), 289-297.