



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

Τμήμα Μηχανικών Βιομηχανικής  
Σχεδίασης και Παραγωγής

&

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΑΙΓΑΙΟΥ**

Τμήμα Ναυτιλίας και  
Επιχειρηματικών Υπηρεσιών



**ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ ΤΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ»**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Τίτλος Διατριβής:**

*Μέθοδοι Αντιμετώπισης της Παραποίησης των Μετρήσεων των Εκπομπών  
Ρύπων σε Οχήματα*

---

**Τίτλος Αγγλικά:**

*Methods for Dealing with Measurement Falsification of Pollutant Emissions  
in Vehicles*

---

**Όνοματεπώνυμο Σπουδαστή:**

*Σπυρίδων Διαμαντάρας*

---

**Όνοματεπώνυμο Υπεύθυνου Καθηγητή:**

*Δρ. Μιχαήλ Παπουτσιδάκης*

---

**ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2020**

---

## Περιεχόμενα

|   |        |
|---|--------|
| Ευχαριστίες .....   | - 4 -  |
| 1. Εισαγωγή.....  | - 5 -  |
| 2. Ατμοσφαιρική ρύπανση .....   | - 7 -  |
| 2.1 Αναδρομή στο πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης .....              | - 10 - |
| 2.2 Πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης .....                                  | - 11 - |
| 2.3 Η ατμοσφαιρική ρύπανση και οι μεταφορές στην Ελλάδα.....            | - 13 - |
| 3. Νομοθεσία .....  | - 15 - |
| 3.1 Νομοθεσία σε Ισχύ .....   | - 15 - |
| 3.2 Πρότυπες προδιαγραφές εκπομπών ρύπων (Euro) .....                   | - 19 - |
| 4. Αναφορά στην Περίπτωση Dieselgate .....                              | - 25 - |
| 4.1 Κύκλοι οδήγησης.....  | - 26 - |
| 4.2 Περίπτωση Dieselgate .....  | - 27 - |
| 4.3 Έρευνες - Αποκάλυψη.....  | - 27 - |
| 4.4 Ανακοίνωση παραβίασης .....   | - 31 - |
| 4.5 Θέση της Volkswagen .....   | - 31 - |
| 4.6 Απόσυρση οχημάτων .....   | - 32 - |
| 4.7 Συνέπειες .....   | - 35 - |
| 5. Νέος Ευρωπαϊκός Κύκλος Οδήγησης (NEDC).....                          | - 36 - |
| 5.1 Δυναμόμετρα.....  | - 37 - |
| 5.2 Μετρήσεις εκπομπών κατά τη διάρκεια των Μεταβατικών Κύκλων .....    | - 41 - |
| 5.3 Νέος Ευρωπαϊκός Κύκλος Οδήγησης NEDC για Ελαφρού τύπου οχήματα..... | - 44 - |
| 5.4 Διαδικασία Δοκιμών .....  | - 46 - |
| 5.4.1 Ανοχές .....  | - 47 - |
| 5.4.2 Χρήση του κιβωτίου ταχυτήτων .....                                | - 47 - |
| 5.4.3 Όχημα και καύσιμα .....   | - 47 - |
| 5.4.4 Σύστημα Δειγματοληψίας Καυσαερίων και Εξοπλισμός .....            | - 49 - |
| 5.5 Εκτέλεση του Κύκλου Δοκιμής .....                                   | - 51 - |
| 5.6 Υπολογισμός των Εκπομπών Αερίων .....                               | - 59 - |
| 6. Εναρμονισμένη Παγκοσμίως Διαδικασία Δοκιμής Οχημάτων (WLTP).....     | - 62 - |
| 6.1 Κύκλος WLTP Κλάσης I.....   | - 65 - |
| 6.2 Κύκλος WLTP Κλάσης II.....  | - 66 - |
| 6.3 Κύκλος WLTP Κλάσης III.....   | - 67 - |



|       |   |        |
|-------|---|--------|
| 6.4   | Η μετάβαση από το NEDC στο WLTP .....         | - 67 - |
| 6.4.1 | Περιγραφή των διαδικασιών δοκιμής .....       | - 69 - |
| 7.    | Εκπομπές Στην Πρακτική Οδήγηση( RDE ) .....   | - 74 - |
| 7.1   | Σκοπός των μετρήσεων .....                    | - 75 - |
| 7.2   | Διεξαγωγή μετρήσεων .....                     | - 76 - |
| 7.3   | Κατάσταση των μετρήσεων σήμερα .....          | - 77 - |
| 7.4   | ISC (In Service Conformity) των Δοκιμών ..... | - 77 - |
| 7.5   | Περιγραφή του PEMS .....                      | - 78 - |
| 7.5.1 | Περιγραφή της AVL .....                       | - 78 - |
| 7.6   | Διαδικασία μέτρησης .....                     | - 81 - |
| 8.    | Συμπεράσματα .....                            | - 83 - |
| 9.    | Βιβλιογραφία .....                            | - 85 - |
| 9.1   | Ελληνόγλωσση .....                            | - 85 - |
| 9.2   | Ξενόγλωσση .....                              | - 85 - |



### Δήλωση συγγραφέα διπλωματικής διατριβής

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Διαμαντάρας Σπυρίδων, του Γεωργίου, με αριθμό μητρώου 8056102 φοιτητής του Διδρυματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Νέες Τεχνολογίες στη Ναυτιλία και τις Μεταφορές» του Τμήματος Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών Υπηρεσιών του Πανεπιστημίου Αιγαίου και του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι: «Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής διπλωματικής διατριβής και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην διατριβή. Επίσης έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η διατριβή προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τη συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διπλωματική διατριβή».

Ο δηλών  
Διαμαντάρας Σπυρίδων

Ημερομηνία 14-02-2020

### Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Παπουτσιδάκη Μιχαήλ, όχι μόνο για την πολύτιμη καθοδήγησή του, αλλά και για την συνεχή ενθάρρυνση και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και κυρίως τους γονείς μου Γεώργιο και Αγγελική, για την αμέριστη στήριξη και ενδυνάμωση που μου παρέχουν σε κάθε στιγμή της προσωπικής μου ζωής, όπως επίσης και για την εμπιστοσύνη τους απέναντι μου. Επιπλέον, ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω σε άτομα από το φιλικό και οικογενειακό μου περιβάλλον, καθώς με την υπομονή και την υποστήριξή τους με βοήθησαν ουσιαστικά στην εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας. Ειδικότερα, θα ήθελα να ευχαριστήσω μέσα από τα βάθη της καρδιάς μου την αγαπημένη μου Ζαχαρούλα καθώς και τους φίλους μου Λάμπρο και Λαμπρινή, οι οποίοι με την εμπιστοσύνη και την αγάπη τους ενίσχυσαν, υποστήριξαν και επιβεβαίωσαν κάθε μου προσπάθεια.

## 1. Εισαγωγή

Ιδιαίτερα επιτακτική κρίνεται η ανάγκη της μείωσης των ρίπων, οι οποίοι μολύνουν την ατμόσφαιρα που παρατηρείται στις μέρες μας. Επιπλέον, παρατηρείται μια διαρκής προσπάθεια του ανθρώπου να εισάγει τεχνολογικές λύσεις στην βελτίωση του περιβαλλοντικού του αποτυπώματος, με έμφαση στον κλάδο των οχημάτων. Πρόσφατες έρευνες αποδεικνύουν ότι ένα μεγάλο ποσοστό ευθύνης για την μόλυνση του περιβάλλοντος κατέχουν οι χερσαίες μεταφορές, όπως η μεταφορά εμπορευμάτων, η καθημερινή μετακίνηση καθώς και τα μέσα μαζικής μεταφοράς, τα οποία χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα κ.α. Γι' αυτό τον λόγο γίνεται προσπάθεια για την λήψη αυστηρότερων μέτρων κατά των εκπομπών καυσαερίων, με σκοπό την ελαχιστοποίησή τους. Στην παρούσα διατριβή θα παρουσιαστεί η μελέτη των νομοθεσιών, των κανονισμών και των μέτρων για τις εκπομπές ρίπων, όπως, επίσης και οι μέθοδοι μετρήσεων των καυσαερίων που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα. Επιπροσθέτως, στην παρούσα εργασία περιγράφεται η λειτουργία των νέων συστημάτων ανίχνευσης καυσαερίων με βάση το πρότυπο WLTP (Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure), για το οποίο θα γίνει λόγος καθώς και πρόταση χρήσης του στην Ελλάδα. Καταληκτικά θα γίνει αναφορά στο περιστατικό – σκάνδαλο της γνωστής εταιρίας Volkswagen.

Η παρούσα μελέτη, η οποία εμπίπτει με το Π.Μ.Σ, δεδομένου ότι πραγματεύεται σύγχρονες εφαρμογές τεχνολογιών, προσπαθεί να καλύψει αναπάντητα ερωτήματα, όπως, εάν το νέο σύστημα ανίχνευσης καυσαερίων με βάση το πρότυπο WLTP βελτιστοποιεί τις συνθήκες και την εξασφάλιση μειωμένων ρύπων στην ατμόσφαιρα, όπως και αν θα μπορούσε ένα τέτοιο σύστημα να υιοθετηθεί στα πλαίσια της Ελληνικής επικράτειας. Στην Ελλάδα αρμόδιοι ελεγκτές για την διασφάλιση της σωστής λειτουργία των οχημάτων έχουν τεθεί δημόσια ΚΤΕΟ, ιδιωτικά ΚΤΕΟ, όπως και εξουσιοδοτημένα συνεργεία, τα οποία εκδίδουν ΚΕΚ (κάρτες ελέγχου καυσαερίων) σύμφωνα με το πρότυπο New European Driving Cycle (NEDC). Το συγκεκριμένο πρότυπο δημιουργήθηκε το 1997 στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Μόλις πρόσφατα δημιουργήθηκε το πρότυπο WLTP, σύμφωνα με το οποίο πρέπει να συμμορφώνονται τα νέα οχήματα. Ακόμη, όμως, δεν έχουν εξαχθεί αποτελέσματα από την χρήση αυτών των συστημάτων, ούτε και έχει γίνει ευρέως γνωστός ο τρόπος λειτουργίας τους. Τα δύο αυτά γεγονότα αποτελούν τον πρωταρχικό σκοπό αυτής της διατριβής, σε μια προσπάθεια να γίνουν κατανοητά τα νέα πρότυπα μέτρησης καυσαερίων.

Καταληκτικά, το κυρίως μέρος της μελέτης επεξηγεί το νομοθετικό πλαίσιο και τα μέτρα που ισχύουν στην Ελλάδα, τις μεθόδους μέτρησης καυσαερίων στην Ελλάδα, τα νέα συστήματα μέτρησης καυσαερίων σύμφωνα με το νέο πρότυπο, το ``περιστατικό`` της Volkswagen και η παραποίηση των μετρήσεων, όπως και η πρόταση χρήσης των νέων προτύπων στην Ελλάδα. Από τα ανωτέρω θα προκύψουν τα συμπεράσματα χρήσης του συγκεκριμένου προτύπου, θα συζητηθούν τα πλεονεκτήματα



## ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

Τμήμα Μηχανικών Βιομηχανικής  
Σχεδίασης και Παραγωγής

&

## ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

Τμήμα Ναυτιλίας και  
Επιχειρηματικών Υπηρεσιών



και μειονεκτήματα του και ταυτόχρονα θα προταθούν βελτιστοποιήσεις, έτσι, ώστε να επεκταθούν περαιτέρω τα οφέλη από την λειτουργία του. Ως πιθανά αποτελέσματα της χρήσης του νέου προτύπου είναι η σημαντική μείωση του περιβαλλοντικού μας αποτυπώματος. Υπολογίζεται ότι η μελέτη θα ολοκληρωθεί εντός 4 μηνών δεδομένου ότι η συλλογή βιβλιογραφίας από το διαδίκτυο και από ιδιωτικά ΚΤΕΟ, θα συνοδευτεί από επιτόπου επισκέψεις στο χώρο εργασίας του παρόντος συστήματος και επικοινωνία με τους χειριστές του.

## 2. Ατμοσφαιρική ρύπανση

Η ατμοσφαιρική ρύπανση ορίζεται, από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, ως η ύπαρξη για αρκετό διάστημα στην ατμόσφαιρα ουσιών των οποίων οι συγκεντρώσεις είναι επικίνδυνες για τους ζωντανούς οργανισμούς είτε είναι άνθρωποι, είτε φυτά, είτε ζώα. Επιπλέον, η ατμοσφαιρική ρύπανση δεν αφήνει ανεπηρέαστες τις υλικές κατασκευές. Η επικινδυνότητα της εξαρτάται από το είδος των ρύπων, τις συγκεντρώσεις τους, και το χρόνο ζωής τους, αλλά και από το χρόνο έκθεσης των οργανισμών σε αυτούς.

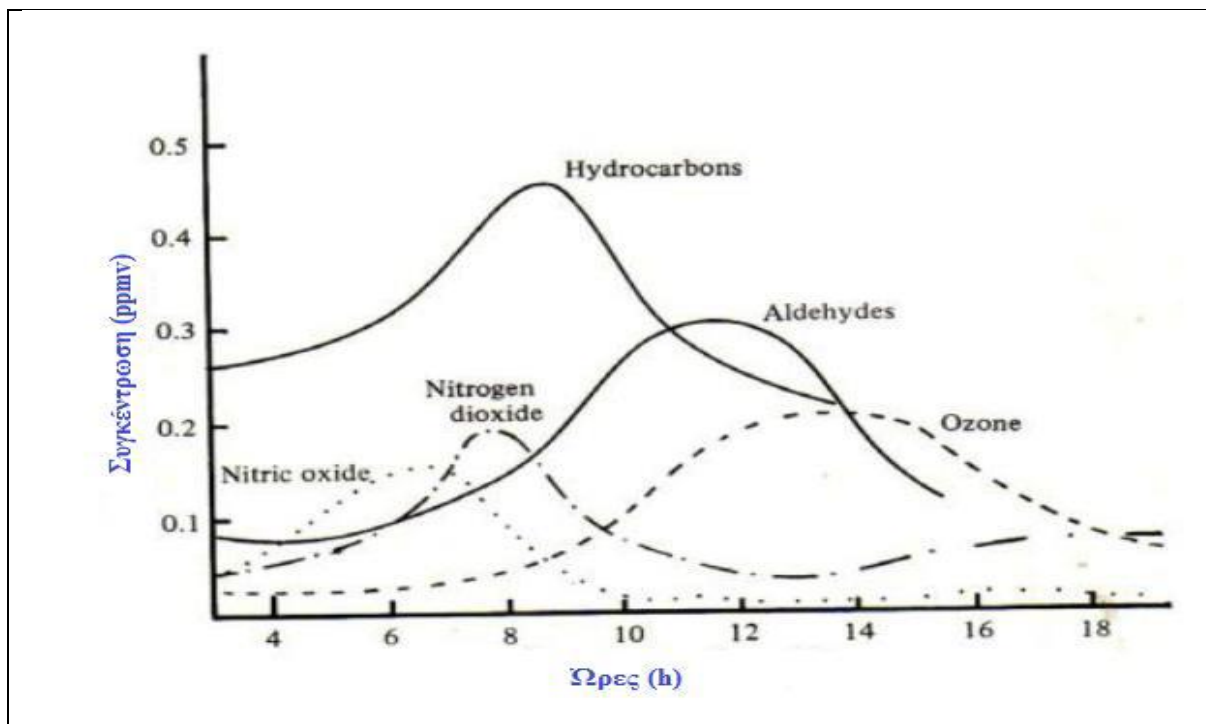
Η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να προκαλέσει στον άνθρωπο από έναν απλό ερεθισμό στα μάτια μέχρι σοβαρές αναπνευστικές, δερματικές και άλλες παθήσεις. Η αναπνοή ενδείκνυται ο πρώτος και βασικότερος τρόπος έκθεσης σ' αυτή, μέσα από τα 20 m<sup>3</sup> περίπου αέρα που εισπνέει ο άνθρωπος καθημερινά. Επίσης, η ρύπανση προκαλεί σημαντικές βλάβες στις καλλιέργειες, ενώ τα φυτά μπορεί να εμφανίσουν σημάδια στα φύλλα τους ή ακόμα και να περιοριστεί η καρποφορία τους. Η ρύπανση όμως επηρεάζει σημαντικά ακόμα και τις μεταλλικές κατασκευές και τα υλικά οικοδομών στα οποία επιδρά διαβρωτικά, κυρίως μέσω της όξινης βροχής.

Οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης τα τελευταία χρόνια έγιναν ακόμα πιο εμφανείς σε παγκόσμια κλίμακα, μέσα από την κλιματική αλλαγή της κάθε περιοχής. Επιπλέον, στα αστικά κέντρα αυξήθηκε η συχνότητα εμφάνισης της νέφωσης, της αιθαλομίχλης και της βροχόπτωσης, ενώ παρατηρήθηκε μείωση της ορατότητας. Σε παγκόσμιο επίπεδο άρχισε να διαταράσσεται το θερμικό ισοζύγιο της γης με την ατμόσφαιρα, με την αυξανόμενη εκπομπή αέριων ρύπων. Οι μηχανισμοί βέβαια της αλληλεπίδρασης ρύπανσης και κλίματος χαρακτηρίζονται από μεγάλη πολυπλοκότητα.

Γίνεται σαφές ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ένα φαινόμενο μείζονος σημασίας και δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως πρόνομο της σύγχρονης εποχής. Το 1824, ο Γάλλος μαθηματικός, φυσικός και αστρολόγος Ζόζεφ Φουριέ ανακάλυψε το φαινόμενο του θερμοκηπίου και στη συνέχεια, το 1896, ο Σβάντε Αρρένιους το διερεύνησε σε βάθος. Πρόκειται για ένα φυσικό φαινόμενο που επιβαρύνεται από την ανθρώπινη δραστηριότητα. Η καύση των ορυκτών καυσίμων ενισχύει τα ποσοστά των συγκεντρώσεων των θερμοκηπιακών αερίων, όπως του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Επιπλέον, άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες, ευθύνονται για την δημιουργία άλλων ενώσεων, όπως των χλωροφθορανθράκων (CFCS), τα οποία δημιουργούν ένα αέριο στρώμα που δρα ως θερμοκήπιο. Η ηλιακή ακτινοβολία το διαπερνά, απορροφάται, διαχέεται και επανεκπέμπεται από τη Γη, με αποτέλεσμα ένα μεγάλο μέρος της να εγκλωβίζεται και να μην μπορεί να γυρίσει πίσω στο διάστημα, αλλά παγιδεύεται στην ατμόσφαιρα και μετατρέπεται σε θερμότητα. Ως αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου είναι η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη με ό,τι αυτό συνεπάγεται.

Από την άλλη πλευρά, η τρύπα του όζοντος, δηλαδή η περιοχή της στρατόσφαιρας που η περιεκτικότητα του όζοντος είναι μικρότερη από την συνηθισμένη επιτρέπει τις ανεπιθύμητες και βλαβερές υπεριώδεις ακτινοβολίες να φτάσουν στην επιφάνεια της γης με καταστροφικές συνέπειες σε ανθρώπους, φυτά και ζώα. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες που ευθύνονται σε ένα μεγάλο ποσοστό είναι τα μέσα μεταφοράς με τα εκπεμπόμενα οξειδία του αζώτου (NOX), τα προωθητικά αέρια σε σπρέι για τα ψυγεία και τα κλιματιστικά με τους χλωροφθοράνθρακες (CFCS). Πρόκειται για ενώσεις πολύ σταθερές και δραστικές στην πορεία ως την Οζονόσφαιρα, καταστρέφουν το όζον χωρίς οι ίδιες να καταστραφούν (Clapp & Jenkin, 2001).

Κατά την δεκαετία του '60 στο Λος Άντζελες οι επιστήμονες εξήγησαν την φωτοχημική καπνομίχλη ή φωτοχημικό νέφος. Πιο συγκεκριμένα, διαπίστωσαν ότι οι πτητικοί υδρογονάνθρακες και τα οξειδία του αζώτου της βιομηχανίας και των οχημάτων σε συνδυασμό με την ηλιακή ακτινοβολία είναι υπαίτια για τον σχηματισμό του. Η ποσότητα του παραγόμενου όζοντος αυξάνεται κατά την διάρκεια της ημέρας με την αύξηση της θερμοκρασίας, εξαιτίας των χημικών αντιδράσεων που επιτυγχάνονται με την παρουσία της ηλιακής ενέργειας. Σχηματίζονται βέβαια από το όζον και άλλες δευτερογενείς ενώσεις, όπως το διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>), το νιτρικό οξύ (HNO<sub>3</sub>), το νιτρικό υπεροξυακετύλιο (PAN) που αποτελούν τους φωτοχημικούς ρύπους. Το φωτοχημικό νέφος και το τροποσφαιρικό όζον είναι φαινόμενα κυρίως των θερινών μηνών που η θερμοκρασία είναι υψηλή. Στο διάγραμμα 2.1. φαίνεται η πορεία των συγκεντρώσεων των επιμέρους ρύπων του φωτοχημικού νέφους.

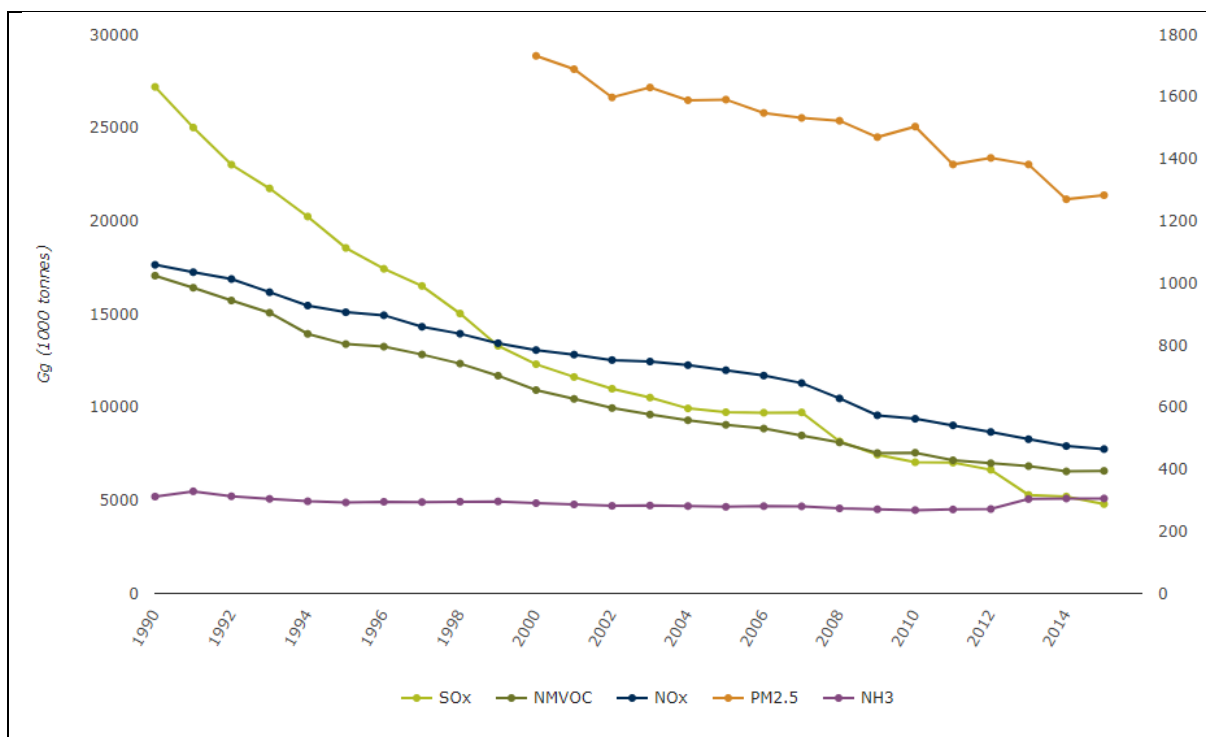


Διάγραμμα 2.1: Οι συγκεντρώσεις του φωτοχημικού νέφους (Ζάνης, 2008)



Όσον αφορά το φαινόμενο της όξινης βροχής, οι κύριες ενώσεις για την δημιουργία της είναι του θεικού και νιτρικού οξέος οι οποίες μεταφέρονται με την βροχή, το χιόνι, την ομίχλη στο έδαφος σε υγρή μορφή. Με την βοήθεια των ανέμων διανύουν μεγάλες αποστάσεις και εμφανίζουν το φαινόμενο χιλιάδες μέτρα μακριά από την εστία παραγωγής τους. Η οξύτητα που εμφανίζεται είναι αποτέλεσμα του διοξειδίου του θείου ( $\text{SO}_2$ ) και των οξειδίων του αζώτου ( $\text{NO}_x$ ) που παράγονται από την καύση ορυκτών καυσίμων, την βιομηχανία και τις μεταφορές. Παρουσιάζουν καταστροφικές συνέπειες στην χλωρίδα και την πανίδα της περιοχής, αλλά και στα κτίρια και τα μνημεία.

Το πρόβλημα λοιπόν της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι πολύπλευρο και η διαχείριση και η αντιμετώπισή του απαιτεί υψηλό κόστος. Τα τελευταία χρόνια γίνονται σημαντικές προσπάθειες στον προσδιορισμό του προβλήματος και των συνεπειών του, όπως και στην ανάπτυξη νέων αντιρρυπαντικών τεχνολογιών, αλλά και η θέσπιση πιο αυστηρών ορίων στις εκπομπές των πηγών του. Στο διάγραμμα 2.2 φαίνονται οι σημαντικότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι, αλλά και η σταδιακή μείωση με το πέρασμα των χρόνων. Ο δεξιός άξονας y εκφράζει τις εκπομπές των αιωρούμενων σωματιδίων (Holder, 2015, Kumar et al., 2015).



Διάγραμμα 2.2: Εκπομπές των κυριότερων ατμοσφαιρικών ρύπων ( ΕΕΑ, 2017a)

## 2.1 Αναδρομή στο πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

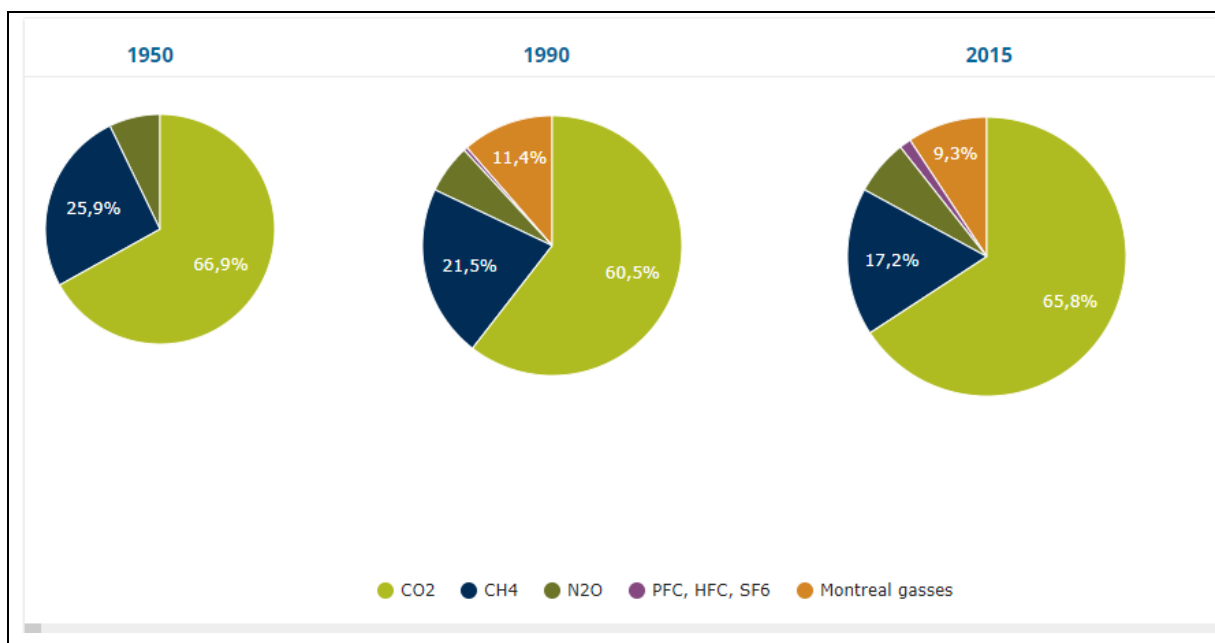
Την εποχή που ο άνθρωπος ανακάλυψε την φωτιά άρχισε να την χρησιμοποιεί για την βελτίωση της ποιότητας ζωής του, αλλά για χιλιετίες, με λάθος τρόπο. Εξαιτίας της έλλειψης καμινάδων, γέμιζε τους χώρους της κατοικίας του με τα παράγωγα της καύσης. Σε διαφόρους ρύπους ήταν εκτεθειμένα και τα χωριά στην εποχή του χαλκού και του σιδήρου. Στην αρχαία Ρώμη, έχουν γίνει αναφορές από τον Ρωμαίο φιλόσοφο Σενέκα, για την αφόρητη ατμοσφαιρική ρύπανση των καμινάδων και των άλλων δυσάρεστων εκπομπών. Στην Αγγλία, το 1157, ο βασιλιάς Ερρίκος Β΄ έλαβε μέτρα για την καύση των ξύλων, ύστερα από προτροπή της γυναίκας του. Στο Λονδίνο, το 1661, παρά τις συνεχόμενες απαγορεύσεις για την καύση κάρβουνου, συνεχίζεται η χρήση του, γεγονός που οδηγεί τον Evelyn John να καταθέσει προς το κοινοβούλιο και τον βασιλιά Κάρολο τον Β΄ μεθόδους αντιμετώπισης του προβλήματος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Αυτά τα μέτρα μάλιστα είναι ακόμα και σήμερα σε ισχύ. Οι πρώτες βιομηχανίες που ευθύνονται για την ατμοσφαιρική ρύπανση είναι τα μεταλλουργία, τα κεραμοποιία και η συντήρηση ζωικών προϊόντων. Τον 18ο αιώνα διεξάγονται τα πρώτα βήματα στην χρήση του ατμού με τον σχεδιασμό αντλιών. Πιο συγκεκριμένα, το 1784 κατασκευάζεται η πρώτη παλινδρομική μηχανή του Watt και τον 20ο αιώνα οι τουρμπίνες ατμού, που τροφοδοτούνται με κάρβουνο για την παραγωγή ατμού. Ο 19ος αιώνας χαρακτηρίζεται ως ο χειρότερος αιώνας από πλευράς ατμοσφαιρικής ρύπανσης, με την καύση του κάρβουνου και του πετρελαίου, στους ατμοκινητήρες, τα πλοία και τα τζάκια των κατοικιών. Ο αιώνας αυτός αποτέλεσε την αφορμή της πρώτης δράσης για την δημόσια υγεία το 1848 και στην συνέχεια επιπλέον δράσεων κατά της ατμοσφαιρικής ρύπανσης το 1866 και το 1875. Στην Αμερική το 1880 σε κάθε επαρχία πλέον αποκτάται η ευθύνη για τον έλεγχο των εκπομπών μαύρου καπνού στις βιομηχανίες και τις μεταφορές.

Μεγάλες τεχνολογικές αλλαγές εμφανίζονται την περίοδο 1900 -1925, με την αντικατάσταση της ατμομηχανής από ηλεκτρικό κινητήρα και με την μεταφορά τέφρας και καπνού από τους δρόμους της πόλης στις μη κατοικημένες περιοχές λόγω της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το διάστημα 1925-1950 άρχισαν να εκδηλώνονται σημαντικά επεισόδια αέριας ρύπανσης με ανθρώπινα θύματα, όπως στο Βέλγιο το 1930 με 63 νεκρούς και στις Η.Π.Α. το 1948 με 20 νεκρούς. Στο Los Angeles της Καλιφόρνιας το 1940 κάνει την εμφάνιση του για πρώτη φορά το φωτοχημικό νέφος. Σημαντική είναι η τεχνολογική πρόοδος την περίοδο αυτή που σημειώνεται στην εγκατάσταση αγωγών φυσικού αερίου και κατά συνέπεια στην μείωση της χρήσης του άνθρακα και του πετρελαίου.

Το διάστημα 1950 - 1980 διαδραματίζονται εξαιτίας της παρουσίας αιθαλομίχλης στην Αγγλία δυσμενή γεγονότα, με τον θάνατο 4.000 ανθρώπων το 1952 στο Λονδίνο και άλλων 700 το 1962. Βασική αιτία αυτής της τραγωδίας είναι το διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>) και τα πολύ υψηλά επίπεδα των αιωρούμενων σωματιδίων. Επιπλέον, προβλήματα εμφανίζονται στην Ιαπωνία, την Νέα Ζηλανδία και την Αυστραλία που οδηγούν στην δημιουργία εθνικής νομοθεσίας ελέγχου των αέριων ρύπων. Στην Ευρώπη και την

Αμερική αρχίζει η ανάπτυξη επιστημονικής και τεχνολογικής έρευνας για τους αέριους ρύπους που παράγονται από τις μεταφορές.

Από το 1980 έως και σήμερα το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης εκτείνεται από την επιστημονική κοινότητα έως τους απλούς πολίτες. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η μείωση του στρώματος του όζοντος στην στρατόσφαιρα, η μεταφορά των ρύπων σε μεγάλες αποστάσεις και η όξινη βροχή αποτελούν κινδύνους, όχι μόνο για την ανθρώπινη ζωή, αλλά και ολόκληρου του πλανήτη. Στοιχεία που οδήγησαν το 1987 να υπογραφεί (για πρώτη φορά) το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ, για την μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος, όπως, επίσης, και το Πρωτόκολλο του Κιότο για την αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου το 1997. Στο διάγραμμα 2.3 παρουσιάζεται η συμβολή των διαφόρων αερίων που εμπεριέχονταν στα πρωτόκολλα του Κιότο και του Μόντρεαλ στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και η διαφοροποίησή τους με το πέρασμα των χρόνων.



Διάγραμμα 2.3: Η συμβολή των διαφόρων αερίων που περιέχονται στα πρωτόκολλα του Κιότο (ΕΕΑ, 2018)

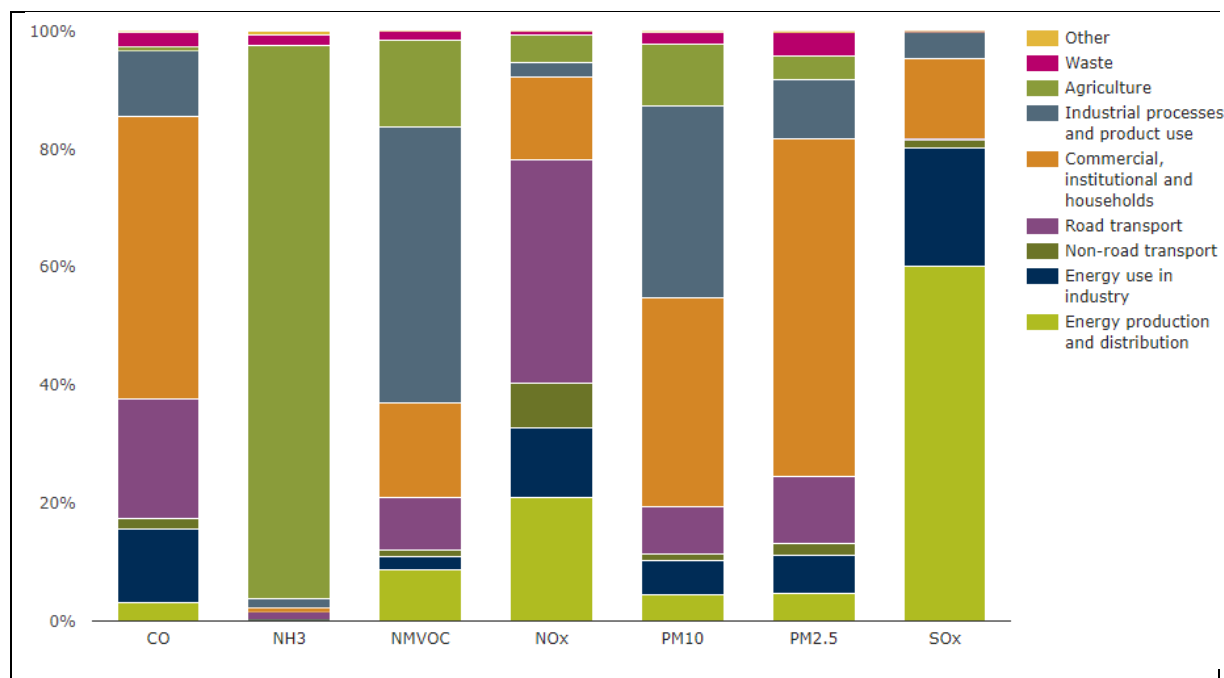
## 2.2 Πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Στα αστικά κέντρα των μεγάλων περιοχών εμφανίζεται ένας μεγάλος αριθμός ρύπων, που επιδρούν αρνητικά στην υγεία και την ποιότητα ζωής των κατοίκων. Ρύποι που παράγονται από φυσικές πηγές, αλλά και από την έντονη ανθρώπινη δραστηριότητα. Ένα μεγάλο μέρος της ποσότητας αέριων ρύπων σε μικρές γεωγραφικές περιοχές, όπως βιομηχανικές ζώνες, παρουσιάζουν διαταραχές στην ισορροπία του χώρου και εμποδίζουν την ανάμειξη με καθαρό αέρα.

Κύρια φυσική πηγή εκπομπής αέριας ρύπανσης αποτελεί η χλωρίδα του πλανήτη. Μέσα από την φωτοσύνθεση των φυτών και των δέντρων μετατρέπεται το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) σε οξυγόνο, ενώ από την ανθρώπινη αναπνοή παράγεται διοξείδιο του άνθρακα. Επίσης, με την βιολογική διάσπαση

των φυτών και των ζώων παράγονται υδρογονάνθρακες. Οι ωκεανοί και οι θάλασσες με το φυτοπλαγκτόν και την δράση των βενθικών οργανισμών παράγουν ποσότητες θειούχων ενώσεων. Επίσης, τα κύματα που σκάνε στα βράχια, τα διαβρώνουν και παράγουν αιωρούμενα σωματίδια που μεταφέρονται μέσα στην ατμόσφαιρα. Ο άνεμος με την σειρά του συμπαρασύρει σταγονίδια νερού με διάφορα άλατα, αλλά και αποσαθρώνει το ερημικό έδαφος ή το ακάλυπτο από βλάστηση. Οι πυρκαγιές κατά τους καλοκαιρινούς μήνες σε μεγάλη έκταση δασών ή λιβαδιών εκπέμπουν τεράστιες ποσότητες από αέριους ρύπους. Τέλος, τα ηφαίστεια με τις εκρήξεις τους, παράγουν σημαντικές ποσότητες αιωρούμενων σωματιδίων και διαφόρων αερίων, όπως μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ), διοξείδιο του θείου ( $\text{SO}_2$ ) κ.α. (Ζιώμας & Ρεμουντάκη, 2004).

Η καύση των ορυκτών καυσίμων, για θέρμανση, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και κίνησης των μηχανών εσωτερικής (Μ.Ε.Κ.) και εξωτερικής καύσης οδηγούν σε μεγάλα ποσοστά εκπεμπόμενων αέριων ρύπων με δύσκολο τον προσδιορισμό τους. Στο διάγραμμα 2.4 φαίνονται τα ποσοστά των σημαντικότερων ρύπων που παράγονται από ανθρώπινες δραστηριότητες, με τον τομέα των μεταφορών να συμβάλλει στην εκπομπή μεγάλων συγκεντρώσεων από οξειδία του αζώτου ( $\text{NO}_x$ ), μονοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}$ ), αιωρούμενα σωματίδια ( $\text{PM}_{2,5}$  &  $\text{PM}_{10}$ ), αλλά και πτητικών οργανικών ενώσεων ( $\text{NMVOC}$ ).



Διάγραμμα 2.4: Προέλευση των αέριων ρύπων ( EEA, 2017a)

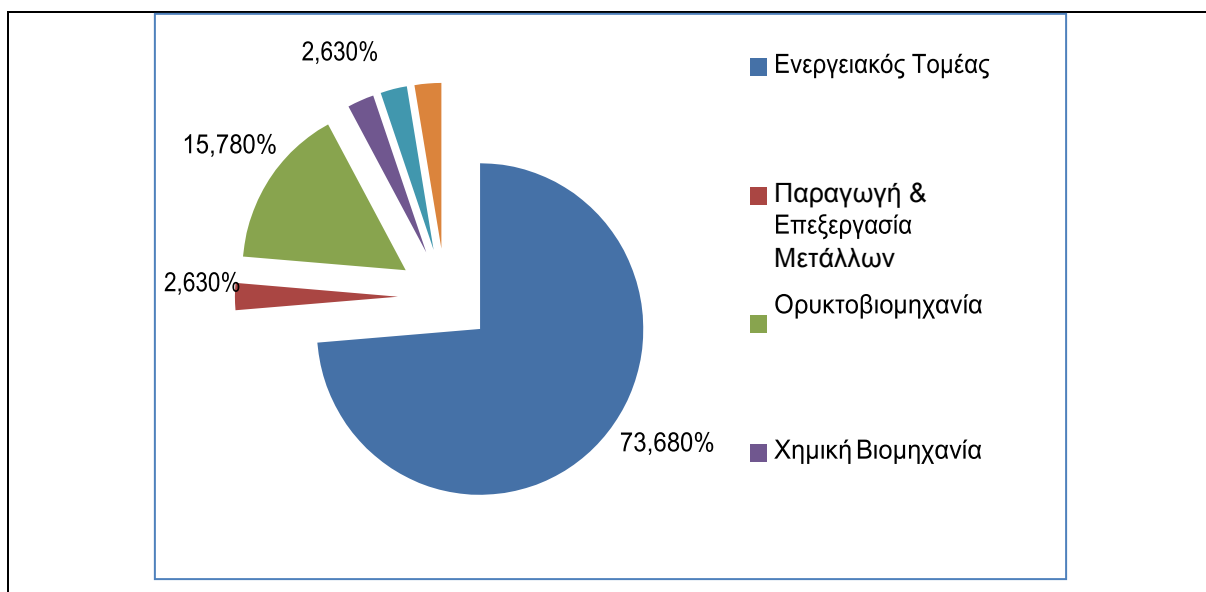
Με την κατηγοριοποίηση των πρωτογενών ρύπων από τον Ε.Ο.Π. (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος), παρέχεται η δυνατότητα για ακριβέστερη αξιολόγηση των αέριων εκπομπών και επισημαίνεται η ανάγκη της ύπαρξης ελέγχων. Οι κύριοι τομείς προέλευσης των αέριων ρύπων είναι ο

ενεργειακός, ο αγροτικός και οι μεταφορές. Επίσης, άξιοι σχολιασμού είναι η ύπαρξη ρύπων που προέρχονται, εκτός από την επαγγελματική δραστηριότητα των ανθρώπων, και από τις ανθυγιεινές τους συνήθειες, όπως κάπνισμα και η χρήση διαφόρων σπρέι κ.α. (Farmer et al., 2014, Harpo et al., 2014, Κουτούση, 2014, Mackay et al., 2010).

### 2.3 Η ατμοσφαιρική ρύπανση και οι μεταφορές στην Ελλάδα

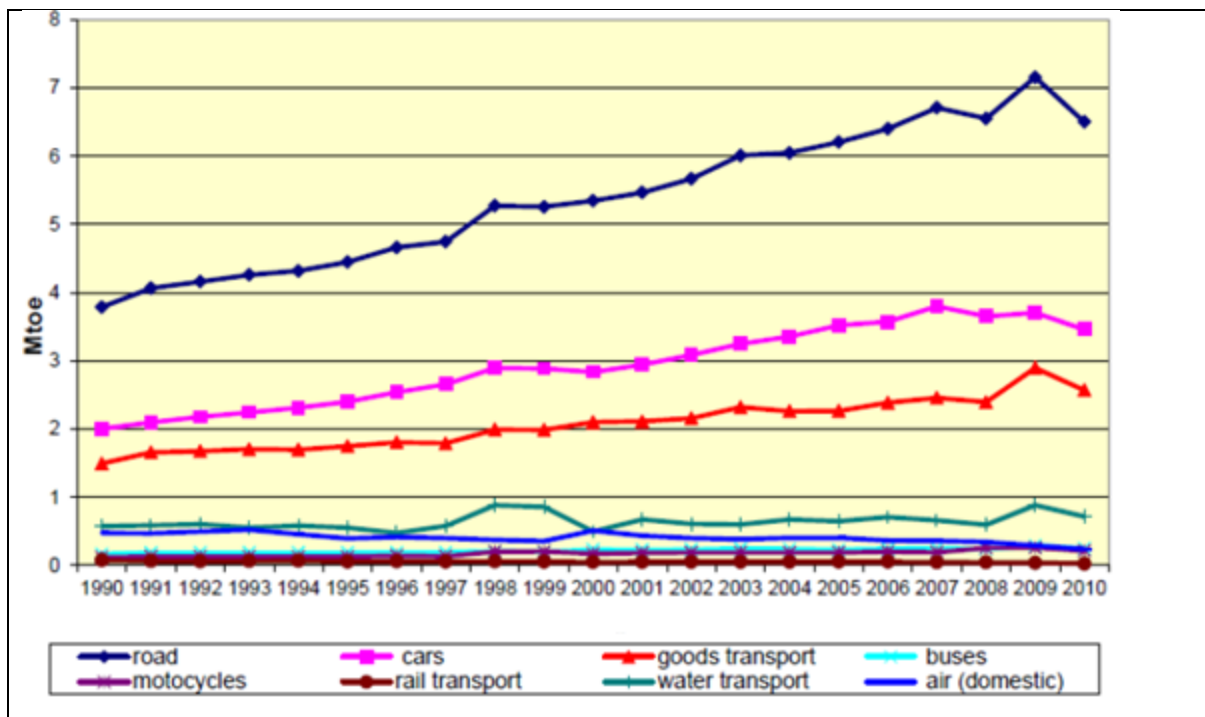
Η ατμοσφαιρική ρύπανση στην Ελλάδα έκανε εμφανή την παρουσία της με την μη προγραμματισμένη και ανεξέλεγκτη μετακίνηση του πληθυσμού στις μεγαλουπόλεις. Η ανάπτυξη της βιομηχανίας εντός κατοικήσιμων ζωνών, αλλά και η άναρχη δόμηση οδήγησε στην έξαρση του φαινομένου. Η οικονομική άνεση που δημιουργήθηκε αύξησε την κατανάλωση ενέργειας. Στην Ελλάδα η ενέργεια αυτή, παράγεται κυρίως από την καύση ορυκτών καυσίμων. Επίσης, η αύξηση της χρήσης των επιβατικών οχημάτων, η θέρμανση των κατοίκων, αλλά και η ανάπτυξη των βιομηχανιών και βιοτεχνιών οδήγησαν στην χρήση υγρών καυσίμων.

Στην Ελλάδα οι τομείς που συμβάλλουν στην εκπομπή αέριων ρύπων είναι, κυρίως, ο ενεργειακός τομέας, με τους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς και τα διυλιστήρια πετρελαίου και αερίου, η ορυκτοβιομηχανία με την παραγωγή τσιμέντου και ασβέστη, η παραγωγή και η επεξεργασία μετάλλων, καθώς και η παραγωγή χάλυβα και χυτοσιδήρου. Επιπρόσθετα, η επεξεργασία χαρτιού και χαρτονιού, η χημική βιομηχανία με την παραγωγή νιτρικών, φωσφορικών και καλιούχων λιπασμάτων και τέλος η διαχείριση των αποβλήτων και η διάθεσή τους στους χώρους υγειονομικής ταφής κατέχουν επίσης σημαντικό ρόλο στην δημιουργία αέριων ρύπων. Στο διάγραμμα 2.5 φαίνονται τα ποσοστά της κάθε βιομηχανικής δραστηριότητας για το έτος 2015 στην Ελλάδα με βάση τα δεδομένα της e-PRTR (European Pollutant Release and Transfer Register).



Διάγραμμα 2.5: Βιομηχανική δραστηριότητα στην Ελλάδα ( e-PRTR, 2015)

Εξίσου σημαντική πηγή ρύπων για την Ελλάδα είναι ο τομέας των μεταφορών. Με βάση το διάγραμμα 2.6 την περίοδο 1990-2007 στην Ελλάδα εμφανίζεται αύξηση των αέριων εκπομπών από τα οχήματα σε ποσοστό 36%, ενώ το διάστημα 2007 -2010 παρουσιάζεται μια μείωση της τάξης του 7% που οφείλεται στην εφαρμογή των μέτρων ενεργειακής αποδοτικότητας και την χρήση των μέσων μαζικής μεταφοράς.



Διάγραμμα 2.6: Κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα ( Αjanovic & Haas, 2012)

### 3. Νομοθεσία

Οι χώρες και διάφοροι οργανισμοί για να ελαχιστοποιήσουν τις δυσμενείς επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στα έμψυχα και άψυχα υλικά θέσπισαν νόμους που διασφαλίζουν την καλή ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα. Κύριος στόχος είναι η προστασία της ανθρώπινης υγείας. Τα πρότυπα ποιότητας που θεσπίστηκαν, αλλά και ο τρόπος θέσπισης χαρακτηρίζονται από μεγάλη πολυπλοκότητα, διαφέρουν από χώρα σε χώρα και εξαρτώνται από τα κριτήρια ποιότητας του αέρα. Οι συγκεντρώσεις των ρύπων αλλά και ο χρόνος έκθεσης σε αυτούς συνδέονται άμεσα με τις επιδράσεις στον άνθρωπο, τα ζώα, τα φυτά και γενικότερα το περιβάλλον. Συχνά δε οδηγούν σε κινητοποιήσεις και διαμαρτυρίες από την μεριά των διαφόρων οργανισμών και γενικότερα των ανθρώπων για την προστασία του περιβάλλοντος.

Στην Ελλάδα το 1975 στο Σύνταγμα της χώρας αναφέρεται ότι η προστασία του φυσικού, αλλά και του πολιτιστικού περιβάλλοντος αποτελεί υποχρέωση του κράτους. Αυτό αποτέλεσε αίτιο για την μετέπειτα ψήφιση μια σειράς νόμων για τη προστασία του περιβάλλοντος. Οι κυριότεροι από τους νόμους αυτούς είναι οι 1180/81 και 1650/86, μέσα στους οποίους γίνεται ρητή αναφορά στις έννοιες της ρύπανσης του περιβάλλοντος, της μόλυνσης, αλλά και της υποβάθμισης του.

Στις Η.Π.Α το διάστημα 1950-1960 πραγματοποιήθηκαν μια σειρά από έρευνες για τις πηγές της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Τα αποτελέσματα έδωσαν μεγάλο μέρος ευθύνης στα μέσα μεταφοράς που κινούνται με μηχανές εσωτερικής καύσης. Έτσι το 1967 στην πολιτεία της Καλιφόρνιας δημιουργείται το California Air Resources Board και το 1970 στις Η.Π.Α ιδρύεται υπηρεσία για την προστασία του περιβάλλοντος (EPA: Environmental Protection Agency). Η Ευρώπη ακολουθεί με την ίδρυση πολλών υπηρεσιών, την θέσπιση ευρωπαϊκών προδιαγραφών, αλλά και τον έλεγχο στις εκπομπές των αέριων ρύπων στα οχήματα της Ε.Ε. Ως αποτέλεσμα αυτών είναι η σημαντική μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα μέσα μεταφοράς και η αντικατάσταση της παλιάς τεχνολογίας με νέα.

#### 3.1 Νομοθεσία σε Ισχύ

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση καθορίζονται τα αποδεκτά όρια εκπομπών ρύπων από τα καυσαέρια των οχημάτων, γνωστά και ως Euro (1,2,3...6) και από μια σειρά οδηγιών εισάγονται σταδιακά όλο και αυστηρότερα πρότυπα. Τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης στην συνέχεια μέσα από τους διαφόρους οργανισμούς που διαθέτουν αποφασίζουν την καλύτερη εφαρμογή των οδηγιών στην χώρα τους.

Στην εφημερίδα της ΕΟΚ, το 1970, δημοσιεύεται η πρώτη οδηγία (70/220/ΕΟΚ) που υποδεικνύει την ανάγκη λήψης μέτρων για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τις εκπομπές των οχημάτων από τα κράτη μέλη της. Η οδηγία αυτή μέσα από μια σειρά άλλων οδηγιών τροποποιήθηκε

και προσαρμόστηκε, με σκοπό την σταδιακή μείωση των επιπέδων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και την συμμόρφωση των αυτοκινητοβιομηχανιών. Τελικά στις 20/6/2007 η οδηγία 70/220/ΕΟΚ αντικαταστάθηκε από τον κανονισμό 715/2007 που σχετίζεται με τις εκπομπές από ελαφρά επιβατικά και εμπορικά οχήματα (Euro 5 & Euro 6) και την πρόσβαση σε πληροφορίες συντήρησης και επισκευής οχημάτων (ΑΕΑ, 2011).

Η εναλλαγή των οδηγιών που θεσπίστηκαν με σκοπό την μείωση των αέριων ρύπων από τα οχήματα (Εφημερίδα Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2006) φαίνεται παρακάτω:

- Οδηγία 74/290/ΕΟΚ του Συμβουλίου (28.5.1974), αποσκοπεί στην πρώτη μείωση των οριακών τιμών του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και των άκαυστων υδρογονανθράκων (HC) από τις εκπομπές των οχημάτων
- Οδηγία 77/102/ΕΟΚ της Επιτροπής (30.11.1976), εισάγει οριακές και επιτρεπόμενες τιμές στις εκπομπές των οξειδίων του αζώτου (NOX)
- Οδηγία 78/665/ΕΟΚ της Επιτροπής (14.7.1978), ορίζει νέα μείωση στις οριακές τιμές, για τα οξείδια του αζώτου (NOX) ,το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και τους άκαυστους υδρογονάνθρακες (HC)
- Οδηγία 83/351/ΕΟΚ του Συμβουλίου (6.6.1983), θέτει νέα μείωση στις οριακές τιμές των τριών παραπάνω ρύπων
- Οδηγία 88/76/ΕΟΚ του Συμβουλίου (3.12.1987), θεσμοθετεί επιπλέον μείωση των προηγούμενων δύο οδηγιών
- Οδηγία 88/436/ΕΟΚ του Συμβουλίου (16.6.1988), καθορίζει για πρώτη φορά οριακές τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων από τους πετρελαιοκινητήρες
- Οδηγία 89/458/ΕΟΚ του Συμβουλίου (18.7.1989), θεσπίζει πιο αυστηρά πρότυπα για τις εκπομπές των ρύπων σε κινητήρες οχημάτων κάτω από 1400cm<sup>3</sup>
- Οδηγία 91/441/ΕΟΚ του Συμβουλίου (26.6.1991), θέτει νέα όρια στις εκπομπές των εξατμίσεων των οχημάτων (αναγκαστική τοποθέτηση καταλυτικών μετατροπέων) , καθώς και αυστηρότερα πρότυπα στους κινητήρες πετρελαίου για τα αιωρούμενα σωματίδια που εκπέμπουν
- Οδηγία 93/59/ΕΟΚ του Συμβουλίου (28.6.1993), αποτελεί τροποποίηση της οδηγίας 70/220 / ΕΟΚ του Συμβουλίου
- Οδηγία 94/12/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου (23.3.1994), τροποποίηση της οδηγίας 70/220 / ΕΟΚ του Συμβουλίου
- Οδηγία 96/44/ΕΚ της Επιτροπής (1.7.1996), αποτελεί προσαρμογή της οδηγίας 70/220 / ΕΟΚ του Συμβουλίου



- Οδηγία 96/69/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου (8.10.1996), τροποποίηση της οδηγίας 70/220 / ΕΟΚ του Συμβουλίου
- Οδηγία 98/69/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου (13.10.1998), τροποποίηση της οδηγίας 70/220 / ΕΟΚ του Συμβουλίου
- Οδηγία 98/77/EK της Επιτροπής (2.10.1998), προσαρμογή της οδηγίας 70/220 / ΕΟΚ του Συμβουλίου
- Οδηγία 1999/102/EK της Επιτροπής (15.12.1999), αποτελεί προσαρμογή της οδηγίας 70/220 / ΕΟΚ του Συμβουλίου
- Οδηγία 2001/1/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου (7.12.2001), τροποποίηση της οδηγίας 70/220 / ΕΟΚ του Συμβουλίου
- Οδηγία 2002/80/EK της Επιτροπής (3.10.2002), προσαρμογή στην τεχνική πρόοδο της οδηγίας 70/220 / ΕΟΚ του Συμβουλίου
- Οδηγία 2003/76/EK της Επιτροπής (11.8.2003) , τροποποίηση της οδηγίας 70/220 / ΕΟΚ του Συμβουλίου
- Οδηγία 2006/26/EK της Επιτροπής (17.2.2006), αποτελεί προσαρμογή ορισμένων οδηγιών στον τομέα της ελεύθερης κυκλοφορίας των εμπορευμάτων, εξαιτίας της προσχώρησης της Βουλγαρίας και της Ρουμανίας στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Στην ελληνική νομοθεσία η προσέγγιση των αποφάσεων των Ευρωπαϊκών κρατών που αφορούσαν τα μέτρα για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προέρχονται από τους κινητήρες των οχημάτων έγινε μέσα από μια σειρά από Υπουργικές Αποφάσεις. Η πρώτη από αυτές ήταν η Υ.Α. 1265/84 (679/B/20.94) που αποτελούσε συμμόρφωση προς την οδηγία 70/220/ΕΟΚ του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, τροποποιήθηκε από τις οδηγίες 74/290/ΕΟΚ, 77/102/ΕΟΚ, 78/655/ΕΟΚ και 83/351/ΕΟΚ. Καταργήθηκε βέβαια από την Υ.Α. 81400/860/91(575/B/25.7.91) που αναφερόταν στα μέτρα για τον περιορισμό των αέριων ρύπων που εκπέμπουν οι βενζινοκινητήρες οχημάτων σε συμμόρφωση προς τις οδηγίες 88/76/ΕΟΚ, 88/436/ΕΟΚ, 89/458/ΕΟΚ, 89/401/ΕΟΚ και η οποία τροποποιήθηκε από μια σειρά αποφάσεων (ΑΕΑ, 2011):

- Υ.Α. 74379/3650/04, (1694/B/16.11.04), η οποία αποτελεί συμμόρφωση στις διατάξεις της οδηγίας 2003/76/EK που θεσπίστηκε από την επιτροπή του Συμβουλίου (1./8.2003) και ισχύει ως σήμερα.
- Υ.Α. 30408/1491/03 (1054/B/ 29.7.03), που αποτελεί συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 2002/80/EK για την προσαρμογή στην τεχνική πρόοδο της οδηγίας 70/220/ΕΟΚ και ισχύει σήμερα.
- Υ.Α. 8407/395/02 (1368/B/24.10.02), που ζητά συμμόρφωση προς τις διατάξεις της Οδηγίας 2001/100/EK του Κοινοβουλίου της Ευρώπης και του Συμβουλίου (7.12.2001). Την Υ.Α.

10689/523/02, (408/B/4.4.02) προς συμμόρφωση στις διατάξεις της οδηγίας 2001/1/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου στις 22.1.2001.

- Την Υ.Α. 4179/346/00, (182/B/17.2.00) που επίσης αποτελεί συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 98/69/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου αλλά και του Συμβουλίου (13.10.1998), για την τροποποίηση της οδηγίας 70/220/ΕΟΚ και αφορά τα μέτρα που πρέπει να παρθούν για την αντιμετώπιση της αέριας ρύπανσης από τις εκπομπές των οχημάτων με κινητήρα.

Ενδεικτικά τα όρια των βασικών ρύπων των οχημάτων και οι διακυμάνσεις τους με βάση τις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης καταγράφονται στον παρακάτω πίνακα.

| Ρύπος  | Οριακή Τιμή   | Έτος Ισχύος | Ενδεικτική Οριακή Τιμή για Προετοιμασία |                               |                               |                              |
|--|---|-------------|---|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
|  |   |             | 2002                                    | 2003                          | 2004                          | 2005                         |
| <b>Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)</b>           | <b>10<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b><br>(Μέγιστη ημερήσια οκτάωρη τιμή)                                   | 1/1/2005    | 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$             | 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$   | 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$   | 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  |
| <b>Βενζόλιο (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)</b> | <b>5 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b><br>(Μέση ετήσια τιμή)  | 1/1/2011    | 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$             | 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$   | 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$   | 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  |
| <b>Διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>)</b>  | <b>350 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b><br>(Μέση ωριαία τιμή, με όχι υπέρβαση της πάνω από 24 φορές/έτος)  | 1/1/2005    | 440 $\mu\text{g}/\text{m}^3$            | 410 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  | 380 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  | 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
|  | <b>125 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b><br>(Μέση ημερήσια τιμή, με όχι υπέρβαση της πάνω από 3φορές /έτος) | 1/1/2005    | 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$            | 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  | 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  | 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| <b>Διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>)</b> | <b>200 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b><br>(Μέση ωριαία τιμή, με όχι υπέρβαση της από 18φορές/ έτος)       | 1/1/2011    | 280 $\mu\text{g}/\text{m}^3$            | 270 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  | 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  | 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| <b>Αιωρούμενα σωματίδια</b>                  | <b>50 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b><br>(Μέση ημερήσια τιμή, με όχι υπέρβαση της 35φορές/ έτος)          | 1/1/2005    | 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$             | 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$   | 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$   | 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  |
|  | <b>40 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b><br>(Μέση ετήσια τιμή)   | 1/1/2005    | 44,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$           | 43,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 41,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  |

|                      |   |              |                          |                          |                          |                          |
|----------------------|---|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <b>Μόλυβδος (Pb)</b> | <b>0,5 µg/m<sup>3</sup></b><br>(Μέση ετήσια τιμή) | 1/1/200<br>5 | 0,8<br>µg/m <sup>3</sup> | 0,7<br>µg/m <sup>3</sup> | 0,6<br>µg/m <sup>3</sup> | 0,5<br>µg/m <sup>3</sup> |
|----------------------|---|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

Πίνακας 3.1: Ρύποι, όρια και έτος εφαρμογής, με βάση τις οδηγίες της Ε.Ε. ( Γαζής & Παύλου, 2012)

### 3.2 Πρότυπες προδιαγραφές εκπομπών ρύπων (Euro)

Στην προσπάθεια ταξινόμησης των οχημάτων, ώστε να εφαρμοστούν ανάλογοι κανονισμοί και κατά συνέπεια οι προδιαγραφές των αέριων εκπομπών τους, πραγματοποιήθηκε με βάση την οδηγία 2001/116/ΕΚ η παρακάτω κατηγοριοποίηση των οχημάτων (Πίνακας 3.2) λαμβάνοντας υπόψη το σκοπό της χρήσης, το βάρος, αλλά και τον αριθμό των θέσεων που διαθέτουν. Αποτέλεσε τροποποίηση της οδηγίας 70/156/ΕΟΚ.

| ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΟΧΗΜΑΤΩΝ | ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ   |
|--------------------|---|
| M                  | Οχήματα σχεδιασμένα και κατασκευασμένα για τη μεταφορά ανθρώπων, έχουν τουλάχιστον τέσσερις τροχούς.  |
| M <sub>1</sub>     | Οχήματα σχεδιασμένα και κατασκευασμένα για τη μεταφορά ανθρώπων, περιλαμβάνουν το πολύ οκτώ θέσεις καθήμενων πέρα του καθίσματος του οδηγού.  |
| M <sub>2</sub>     | Οχήματα σχεδιασμένα και κατασκευασμένα για τη μεταφορά ανθρώπων, περιλαμβάνουν περισσότερες από οκτώ θέσεις καθήμενων πέρα του καθίσματος του οδηγού, με μάζα που δεν υπερβαίνει τους 5t. |
| M <sub>3</sub>     | Οχήματα σχεδιασμένα και κατασκευασμένα για τη μεταφορά ανθρώπων, περιλαμβάνουν περισσότερες από οκτώ θέσεις καθήμενων πέρα του καθίσματος του οδηγού, με μάζα που υπερβαίνει τους 5t.     |
| N                  | Οχήματα σχεδιασμένα και κατασκευασμένα για τη μεταφορά εμπορευμάτων, έχουν τουλάχιστον τέσσερις τροχούς.  |
| N <sub>1</sub>     | Οχήματα σχεδιασμένα και κατασκευασμένα για τη μεταφορά εμπορευμάτων, η μάζα τους δεν υπερβαίνει τους 3,5t.  |
| N <sub>2</sub>     | Οχήματα σχεδιασμένα και κατασκευασμένα για τη μεταφορά εμπορευμάτων, η μάζα τους δεν υπερβαίνει τους 12t.   |
| N <sub>3</sub>     | Οχήματα σχεδιασμένα και κατασκευασμένα για τη μεταφορά εμπορευμάτων, η μάζα τους υπερβαίνει τους 12t.   |
| O                  | Ρυμουλκούμενα - ημιρυμουλκούμενα  |
| G                  | Οχήματα παντός εδάφους  |

Πίνακας 3.2: Κατηγορίες οχημάτων (Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2002)

Το 1992 θεσπίζεται το Euro 1, θέτοντας για όλα τα καινούργια οχήματα την χρήση καταλύτη (οδηγία 91/441/ΕΟΚ για επιβατικά οχήματα & οδηγία 93/59/ΕΟΚ για επιβατικά και ελαφρά οχήματα). Το 1996 εμφανίζεται το Euro 2, όπου διαφοροποιεί τα όρια εκπομπών για βενζινοκίνητα και πετρελαιοκίνητα οχήματα, αλλά και θέτει ως στόχο την μείωση κατά 40-50% των ρύπων (οδηγία 94/12/ΕΚ & 96/69/ΕΚ για επιβατικά οχήματα, αλλά και 2002/51/ΕΚ για μοτοσυκλέτες σειράς Α). Το 2002 εφαρμόζεται το Euro 3, καθώς και το 2005 το Euro 4, όπου διαδοχικά το καθένα θέτει πιο αυστηρά όρια στις εκπομπές CO και NO<sub>x</sub> των πετρελαιοκινήτων (οδηγία 98/69/ΕΚ για κάθε όχημα & 2002/51/ΕΚ για μοτοσυκλέτες σειράς Β). Γίνεται πλέον αναφορά στην μείωση των αιωρούμενων σωματιδίων (PM) και στην χρήση φίλτρων συγκράτησής τους από τα πετρελαιοκίνητα οχήματα που οδηγεί βέβαια στην αύξηση του κόστους.

Στην συνέχεια το 2009 εφαρμόζεται το Euro 5 και το 2014 το Euro 6, όπου θέτουν για τους πετρελαιοκίνητους, αλλά πλέον και για τους βενζινοκίνητους άμεσης έκχυσης (DI) τα ίδια όρια στην εκπομπή σωματιδίων (οδηγία 715/2007/ΕΚ). Οι εκπομπές των ρύπων με βάση τα πρότυπα της Ε.Ε. συνοψίζονται στους πίνακες 3.3 & 3.4.

| Τύπος                                | Ημερομηνία           | CO<br>(g/Km)   | HC<br>(g/Km)      | HC+NO <sub>x</sub><br>(g/Km) | NO <sub>x</sub><br>(g/Km) | PM<br>(g/Km)         | PN<br>(g/Km)         |
|--------------------------------------|----------------------|----------------|-------------------|------------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|
| <b>Diesel (Ανάφλεξη με συμπίεση)</b> |                      |                |                   |                              |                           |                      |                      |
| Euro 1 <sup>+</sup>                  | 1992.07              | 2,72<br>(3,16) | -                 | 0,97 (1,13)                  | -                         | 0,14<br>(0,18)       | -                    |
| Euro 2,<br>IDI                       | 1996.01              | 1,0            | -                 | 0,7                          | -                         | 0,08                 | -                    |
| Euro 2,<br>IDI                       | 1996.01 <sup>a</sup> | 1,0            | -                 | 0,9                          | -                         | 0,10                 | -                    |
| Euro 3                               | 2000.01              | 0,64           | -                 | 0,56                         | 0,50                      | 0,05                 | -                    |
| Euro 4                               | 2005.01              | 0,50           | -                 | 0,30                         | 0,25                      | 0,025                | -                    |
| Euro 5a                              | 2009.09 <sup>b</sup> | 0,50           | -                 | 0,23                         | 0,18                      | 0,005 <sup>f</sup>   | -                    |
| Euro 5b                              | 2011.09 <sup>c</sup> | 0,50           | -                 | 0,23                         | 0,18                      | 0,005 <sup>f</sup>   | 6,0x10 <sup>11</sup> |
| Euro 6                               | 2014.09              | 0,50           | -                 | 0,17                         | 0,08                      | 0,005 <sup>f</sup>   | 6,0x10 <sup>11</sup> |
| <b>Βενζίνη (Θετική ανάφλεξη)</b>     |                      |                |                   |                              |                           |                      |                      |
| Euro 1 <sup>+</sup>                  | 1992.07              | 2,72<br>(3,16) | -                 | 0,97 (1,13)                  | -                         | -                    | -                    |
| Euro 2                               | 1996.01              | 2,20           | -                 | 0,50                         | -                         | -                    | -                    |
| Euro 3                               | 2000.01              | 2,30           | 0,20              | -                            | 0,15                      | -                    | -                    |
| Euro 4                               | 2005.01              | 1,00           | 0,10              | -                            | 0,08                      | -                    | -                    |
| Euro 5                               | 2009.09 <sup>b</sup> | 1,0            | 0,10 <sup>d</sup> | -                            | 0,06                      | 0,005 <sup>e,f</sup> | -                    |

**Πίνακας 3.3: Ευρωπαϊκές προδιαγραφές εκπομπών ρύπων για επιβατικά οχήματα (Dieselnet, 2015)**

\* Στο Euro 1-4, τα επιβατικά οχήματα >2.500Kg εγκρίθηκαν ως της κατηγορίας N1 οχήματα

<sup>+</sup> Τιμές σε παρένθεση είναι συμμόρφωση της παραγωγής (COP)

a. μέχρι 30/9/1999 (έπειτα DI κινητήρες (άμεσης έκχυσης) οφείλουν να πληρούν τα όρια IDI(έμμεσης έκχυσης))

- b. από 1/2011, για όλα τα μοντέλα  
c. από 1/2013, για όλα τα μοντέλα  
d. NMHC=0,068g/Km (εκτός CH<sub>4</sub>)  
e. μόνο για οχήματα με DI κινητήρες  
f. για την μέθοδο μέτρησης PMP είναι 0,0045g/Km  
g. εντός των τριών πρώτων ετών από την εφαρμογή του Euro 6 είναι  $6,0 \times 10^{12}$  1/km

| Κατηγορί                             | Τύπος         | Ημερομηνία           | CO<br>(g/Km) | HC<br>(g/Km) | HC+NOX<br>(g/Km) | NO <sub>x</sub><br>(g/Km) | PM<br>(g/Km)       | PN<br>(g/Km)         |
|--------------------------------------|---------------|----------------------|--------------|--------------|------------------|---------------------------|--------------------|----------------------|
| <b>Diesel (Ανάφλεξη με συμπίεση)</b> |               |                      |              |              |                  |                           |                    |                      |
| N1 Class<br>≤1305Kg                  | Euro 1        | 1994.10              | 2,72         | -            | 0,97             | -                         | 0,14               | -                    |
|                                      | Euro2 IDI     | 1998.01              | 1,00         | -            | 0,70             | -                         | 0,08               | -                    |
|                                      | Euro 2<br>DI  | 1998.01 <sup>a</sup> | 1,00         | -            | 0,90             | -                         | 0,10               | -                    |
|                                      | Euro3         | 2000.01              | 0,64         | -            | 0,56             | 0,50                      | 0,05               | -                    |
|                                      | Euro4         | 2005.01              | 0,50         | -            | 0,30             | 0,25                      | 0,025              | -                    |
|                                      | Euro<br>5a    | 2009.09 <sup>b</sup> | 0,50         | -            | 0,23             | 0,18                      | 0,005 <sup>f</sup> | -                    |
|                                      | Euro<br>5b    | 2011.09 <sup>d</sup> | 0,50         | -            | 0,23             | 0,18                      | 0,005 <sup>f</sup> | $6,0 \times 10^{11}$ |
|                                      | Euro 6        | 2014.09              | 0,50         | -            | 0,17             | 0,08                      | 0,005 <sup>f</sup> | $6,9 \times 10^{11}$ |
| N1<br>Class II<br>1305-<br>1760Kg    | Euro 1        | 1994.10              | 5,17         | -            | 1,40             | -                         | 0,19               | -                    |
|                                      | Euro 2<br>IDI | 1998.01              | 1,25         | -            | 1,0              | -                         | 0,12               | -                    |
|                                      | Euro 2<br>DI  | 1998.01 <sup>a</sup> | 1,25         | -            | 1,30             | -                         | 0,14               | -                    |
|                                      | Euro 3        | 2001.01              | 0,80         | -            | 0,72             | 0,65                      | 0,07               | -                    |
|                                      | Euro 4        | 2006.01              | 0,63         | -            | 0,39             | 0,33                      | 0,04               | -                    |
|                                      | Euro<br>5a    | 2010.09 <sup>c</sup> | 0,63         | -            | 0,295            | 0,235                     | 0,005 <sup>f</sup> | -                    |
|                                      | Euro<br>5b    | 2010.09 <sup>d</sup> | 0,63         | -            | 0,295            | 0,235                     | 0,005 <sup>f</sup> | $6,0 \times 10^{11}$ |
|                                      | Euro 6        | 2015.09              | 0,63         | -            | 0,195            | 0,105                     | 0,005 <sup>f</sup> | $6,0 \times 10^{11}$ |
| N1<br>Class III<br>>1760<br>Kg       | Euro 1        | 1994.10              | 6,90         | -            | 1,70             | -                         | 0,25               | -                    |
|                                      | Euro 2<br>IDI | 1998.01              | 1,5          | -            | 1,20             | -                         | 0,17               | -                    |
|                                      | Euro 2<br>DI  | 1998.01 <sup>a</sup> | 1,5          | -            | 1,60             | -                         | 0,20               | -                    |
|                                      | Euro3         | 2001.01              | 0,95         | -            | 0,86             | 0,78                      | 0,10               | -                    |
|                                      | Euro 4        | 2006.01              | 0,74         | -            | 0,46             | 0,39                      | 0,06               | -                    |
|                                      | Euro<br>5a    | 2010.09 <sup>c</sup> | 0,74         | -            | 0,350            | 0,280                     | 0,005 <sup>f</sup> | -                    |
|                                      | Euro<br>5b    | 2011.09 <sup>d</sup> | 0,74         | -            | 0,350            | 0,280                     | 0,005 <sup>f</sup> | $6,0 \times 10^{11}$ |

|                                  |         |                      |      |   |       |       |                    |                      |
|----------------------------------|---------|----------------------|------|---|-------|-------|--------------------|----------------------|
|                                  | Euro 6  | 2015.09              | 0,74 | - | 0,215 | 0,125 | 0,005 <sup>f</sup> | 6,0x10 <sup>11</sup> |
| N2                               | Euro 5a | 2010.09 <sup>c</sup> | 0,74 | - | 0,350 | 0,280 | 0,005 <sup>f</sup> | -                    |
|                                  | Euro 5b | 2011.09 <sup>d</sup> | 0,74 | - | 0,350 | 0,280 | 0,005 <sup>f</sup> | 6,0x10 <sup>11</sup> |
|                                  | Euro 6  | 2015.09              | 0,74 | - | 0,215 | 0,125 | 0,005 <sup>f</sup> | 6,0x10 <sup>11</sup> |
| <b>Βενζίνη (Θετική ανάφλεξη)</b> |         |                      |      |   |       |       |                    |                      |
| N1<br>Class I                    | Euro 1  | 1994.10              | 2,72 | - | 0,97  | -     | -                  | -                    |

**Πίνακας 3.4: Πρότυπα εκπομπών για ελαφρά επιβατικά οχήματα (Dieselnet, 2015)**

Για το Euro 1/2 της κατηγορίας N1, μάζα αναφοράς τάξεις ήταν Class I ≤ 1.250 Kg, Class II= 1250-1700 Kg, Class III > 1.700 Kg

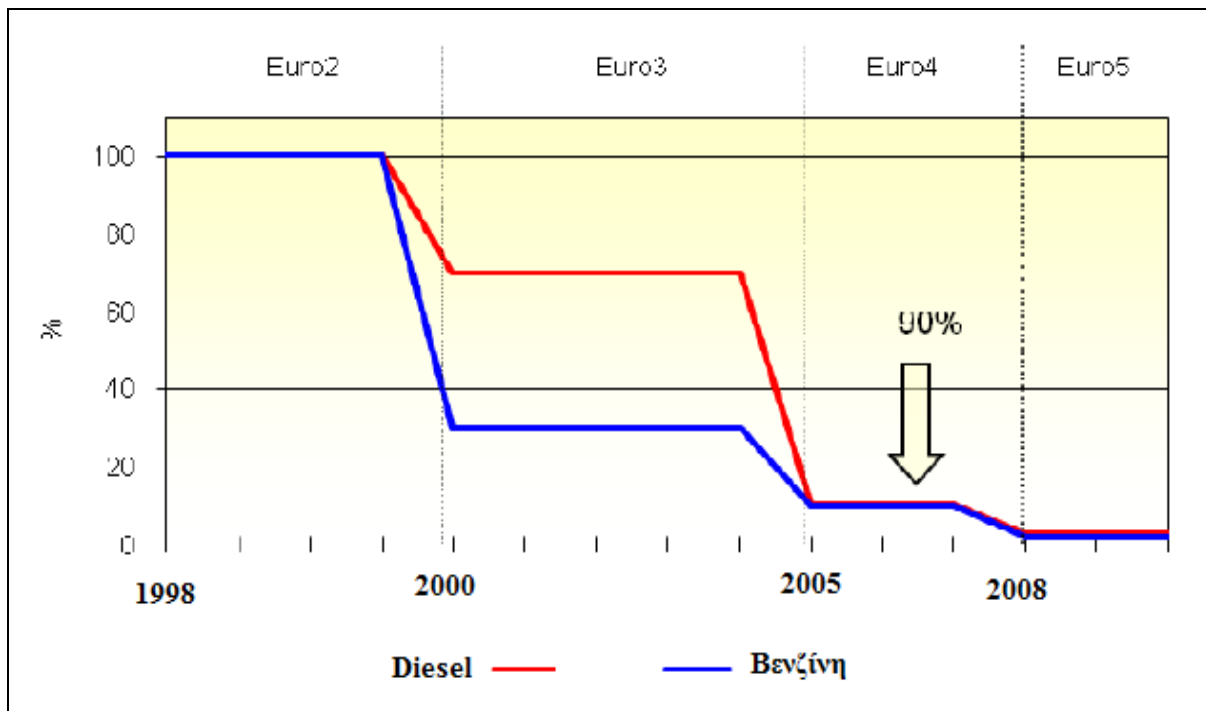
- a. μέχρι της 1999.09.30 (μετά την ημερομηνία αυτή DI κινητήρες πρέπει να πληρούν τα IDI όρια)
- b. από 2011.01, για όλα τα μοντέλα
- c. από 2012.01, για όλα τα μοντέλα
- d. από 2013.01, για όλα τα μοντέλα
- e. ισχύει μόνο για τα αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν DI κινητήρες
- f. 0,0045 g/Km χρησιμοποιώντας την PMP διαδικασία μέτρησης
- g. και NMHC = 0,068 g/Km
- h. και NMHC = 0,090 g/Km
- i. NMHC = 0,108 g/Km
- j. 6,0 × 10<sup>12</sup> 1/Km εντός των πρώτων τριών ετών από Euro 6 ημερομηνίες

Το 2018 τέθηκε σε ισχύ η αποκαλούμενη τροπολογία Euro 6.2, η οποία θέτει πιο αυστηρούς στόχους για τις εκπομπές ρύπων και προβλέπει την δοκιμή σε οδικό δίκτυο οχημάτων (RDE: Real Driving Emissions) για την εκπομπή ρύπων. Επικεντρώνεται στην μέτρηση των οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) και στις εκπομπές των σωματιδίων (PM), στα ελαφρά βενζινοκίνητα και πετρελαιοκίνητα οχήματα υπό πραγματικές συνθήκες. Η διαδικασία δοκιμής RDE περιλαμβάνει δοκιμές σε οδικό δίκτυο με οχήματα που διαθέτουν φορητά συστήματα μέτρησης εκπομπών (REMS). Προκαταρκτικές δοκιμές δείχνουν δυσκολία των πετρελαιοκινητήρων να είναι στα επιθυμητά όρια (Schoenhaber et al., 2017, Gibbs, 2015).

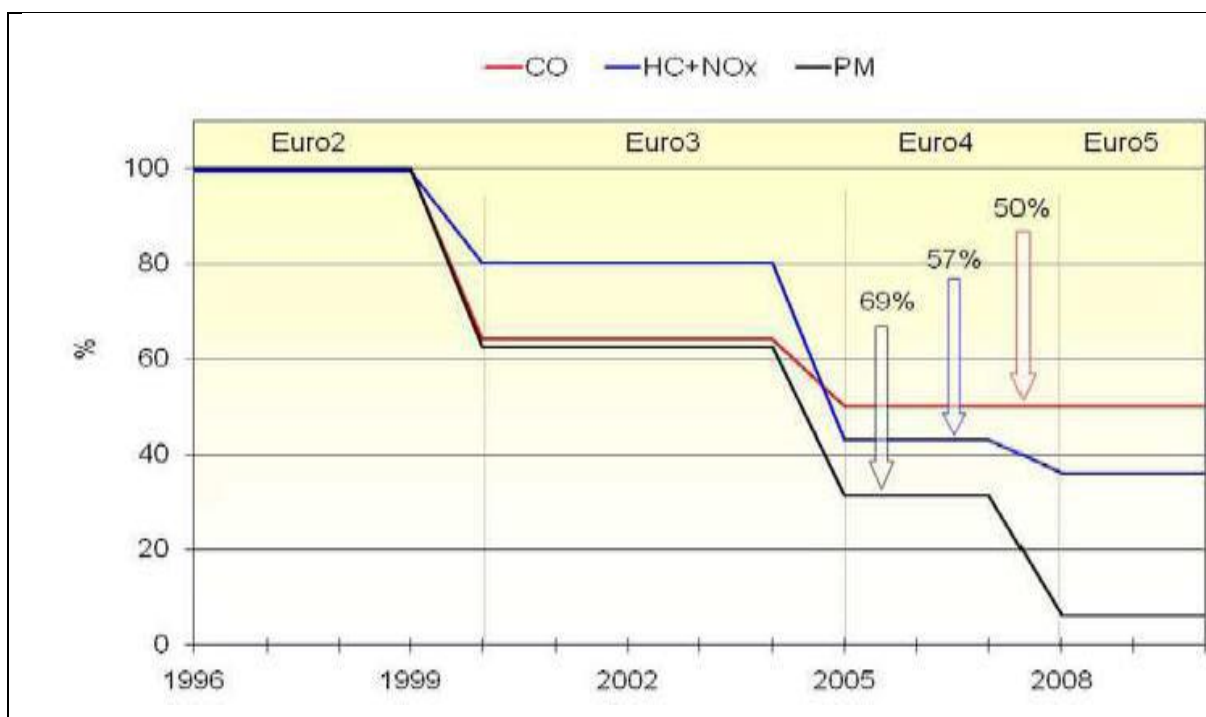
Η Ευρωπαϊκή Ένωση το 2009, με τον κανονισμό 443/2009/EK θέτει επιπλέον μείωση για το CO<sub>2</sub> που χαρακτηρίζεται ως ένας έμμεσος ρύπος, αφού συμβάλλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Θέτει λοιπόν μέσα από την βελτίωση της τεχνολογίας τα 130 g CO<sub>2</sub>/Km, για τα καινούργια επιβατικά οχήματα (κατηγορίας M1). Απώτερος στόχος για το 2020 είναι με τα νέα οχήματα στην Ευρωπαϊκή αγορά, η τιμή του να κατέβει στα 95 g CO<sub>2</sub>/Km και η περαιτέρω μείωση του κατά 10 g CO<sub>2</sub>/Km (κανονισμός 443/2009/EK).

Η εφαρμογή των πρότυπων προδιαγραφών Euro στις εκπομπές των ρύπων των διαφόρων οχημάτων έφερε ως αποτέλεσμα την ανάγκη δημιουργίας καλύτερων καυσίμων. Χαρακτηριστική είναι η μείωση του θείου που απεικονίζεται στο διάγραμμα 3.1, ενώ παρουσιάζεται η πορεία βασικών ρύπων (CO,

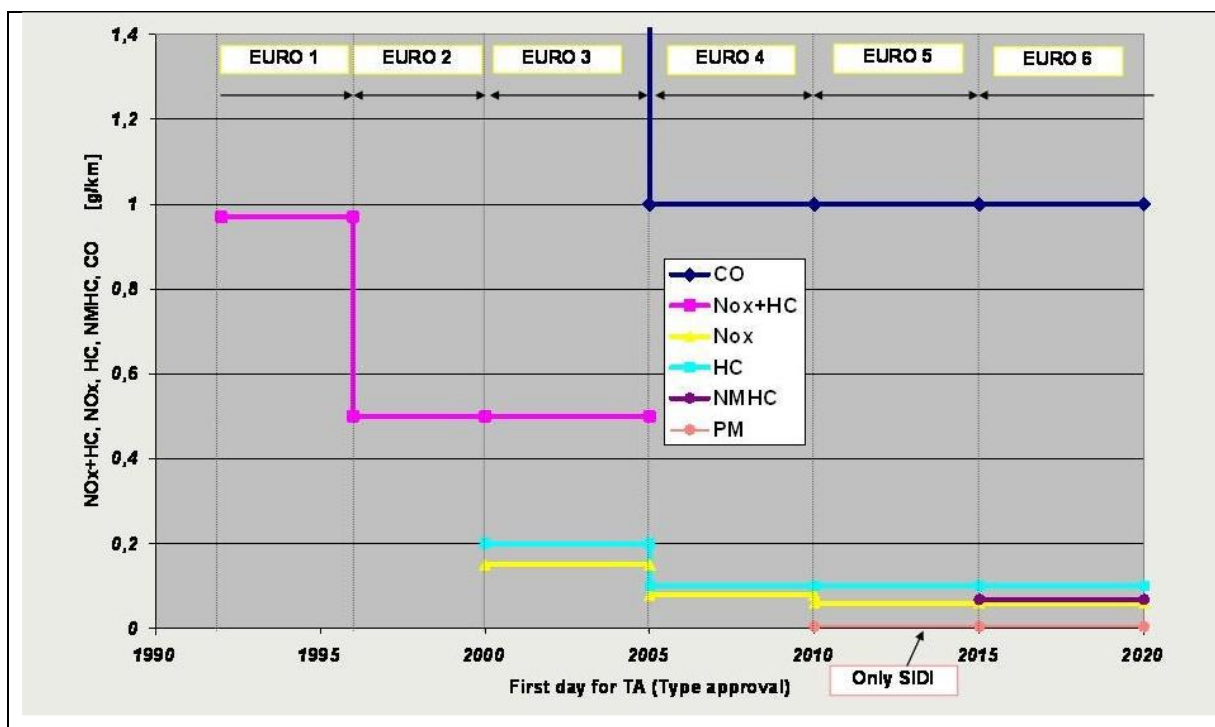
HC+NO<sub>x</sub> & PM) σε επιβατικά πετρελαιοκίνητα και βενζινοκίνητα οχήματα με βάση τα Ευρωπαϊκά πρότυπα στα διαγράμματα 3.2 και 3.3.



Διάγραμμα 3.1: Μείωση των ορίων σε περιεκτικότητα θείου (S) στα καύσιμα (Καραγιάννης, 2013)



Διάγραμμα 3.2: Μείωση των ορίων εκπομπών εκπομπής ρύπων για κινητήρες Diesel - επιβατικών αυτοκινήτων στην Ε.Ε. (Καραγιάννης, 2013)



Διάγραμμα 3.3: Περιορισμός ρύπων της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τους βενζινοκινητήρες από το 1990 έως σήμερα (Hastdutoene, 2011)

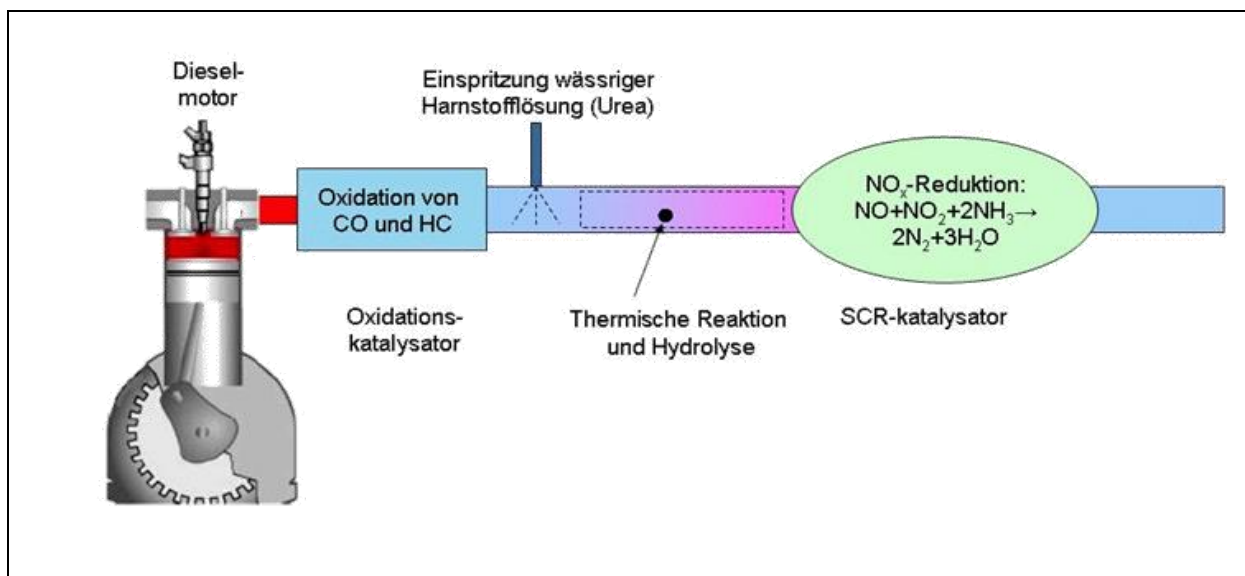


## 4. Αναφορά στην Περίπτωση Dieselgate

Στις Η.Π.Α. η ανάγκη για συμμόρφωση με τις ρυθμίσεις που τέθηκαν από τον Οργανισμό Προστασίας του Περιβάλλοντος για τους αέριους ρύπους των βενζινοκίνητων οχημάτων οδήγησε στην συμμόρφωση των οχημάτων από το 1975 και μετά με τη χρήση καταλυτικού μετατροπέα. Μια συσκευή ελέγχου των εκπομπών των καυσαερίων (CO, HC NOX), που διεξάγει χημικές αντιδράσεις και μετατρέπει τους τοξικούς ρύπους σε λιγότερο τοξικούς μέσα από μια σειρά οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων. Η τεχνολογία εφαρμόστηκε κυρίως σε βενζινοκινητήρες και δεν βρήκε την ανάλογη εφαρμογή στα καυσαέρια των πετρελαιομηχανών εξαιτίας του ότι λειτουργούν με περίσσεια οξυγόνου. Η Volkswagen ήταν μια από τις εταιρίες που προσπάθησε να επιλύσει το πρόβλημα με την ανάπτυξη δικών της συστημάτων (Patel et al., 2012).

Ο όμιλος Volkswagen το 2009 ξεκίνησε την εφαρμογή σε ελαφρά επιβατικά πετρελαιοκίνητα οχήματα ενός νέου συστήματος άμεσου ψεκασμού καυσίμου (TDI). Η τεχνολογία προσέφερε μεγάλη ακρίβεια παροχής καυσίμου, μέσω ηλεκτρονικά ελεγχόμενων εγχυτήρων, αλλά και υψηλή πίεση έγχυσης. Συνέβαλλε στην καλύτερη ατμοποίηση του καυσίμου, στον σχηματισμό της αναγκαίας αναλογίας αέρα-καυσίμου και κατά συνέπεια στον έλεγχο των παραγόμενων ρύπων. Προστέθηκε επίσης, ένα φίλτρο σωματιδίων diesel για τον περιορισμό της αιθάλης και σε ορισμένα μοντέλα ένα σύστημα μετεπεξεργασίας καυσαερίων με βάση την ουρία (Αρκούλης, 2013).

Η Volkswagen παρουσίασε τους νέους κινητήρες, ως τους πιο καθαρούς σε συνδυασμό με υψηλές αποδόσεις. Η υπηρεσία όμως περιβαλλοντικής προστασίας των Η.Π.Α., τον Σεπτέμβριο του 2015 χαρακτήρισε το γερμανικό κολοσσό της αυτοκινητοβιομηχανίας ως παραβάτη του νόμου περί καθαρού αέρα.



Εικόνα 4.1: Σύστημα επιλεκτικής καταλυτικής αναγωγής (SCR) με ουρία (Colombo et al. 2012)

## 4.1 Κύκλοι οδήγησης

Η ενεργειακή κατανάλωση ενός οχήματος και οι εκπομπές του σε ρύπους είναι άμεσα συνδεδεμένες με τον τρόπο οδήγησης του οχήματος και τις συνθήκες κυκλοφορίας της κάθε περιοχής. Η έννοια του κύκλου οδήγησης είναι ένα προφίλ ταχύτητας – χρόνου της οδήγησης ενός οχήματος σε αστικό περιβάλλον. Προσομοιώνει τις συνθήκες οδήγησης ενός οχήματος σε αστική οδήγηση (URBAN), σε περιαστική οδήγηση (ROAD), που αντιστοιχεί σε κίνηση ενός περιφερειακού δρόμου μέσης ταχύτητας και σε υπεραστική οδήγηση (MOTORWAY), που αντιπροσωπεύει κίνηση σε δρόμο ταχείας κυκλοφορίας (Rateau et al., 2017).

Οι κύκλοι οδήγησης διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, στους νομοθετημένους και τους μη. Οι αρμόδιες υπηρεσίες που θέτουν τα όρια για τις εκπομπές των οχημάτων και εκδίδουν τα νέα πιστοποιητικά εκπομπών τους, χρησιμοποιούν τους νομοθετημένους κύκλους οδήγησης (οδηγία 70/220/EU). Στις Η.Π.Α. εφαρμόζεται ο FTP-75 κύκλος, στην Ευρώπη ο NEDC, ενώ στην Ιαπωνία 10-15mode. Στο Χονγκ Κονγκ χρησιμοποιείται μη νομοθετημένος κύκλος οδήγησης και ενδείκνυται για έρευνες εξοικονόμησης καυσίμου και εκτίμησης της αέριας ρύπανσης (Τζιράκης, 2007).

Η ανάπτυξη του κάθε κύκλου οδήγησης είναι ουσιαστικά μια σύνθεση διαφόρων τρόπων κίνησης του οχήματος, όπως επιτάχυνση, επιβράδυνση, σταθερή ταχύτητα. Το όχημα είναι εξοπλισμένο με μηχανήματα τα οποία καταγράφουν και αποτυπώνουν τις παραμέτρους κίνησης, όσο πιο αντικειμενικά και αντιπροσωπευτικά μπορούν στο πεδίο της δειγματοληψίας. Ο κύκλος οδήγησης εκτελείται σε έναν πάγκο δοκιμών με κυλίνδρους, για να υπάρχει η δυνατότητα επαναληψιμότητας και με μια ηλεκτρική μηχανή να προσομοιώνει την αντίσταση λόγω της αεροδυναμικής οπισθέλκουσας και της αδράνειας της μάζας του οχήματος.

Η Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής σε συνεργασία με την General Motors ανέπτυξε μια άλλη τεχνική οδήγησης την chase car. Στη τεχνική αυτή, το όχημα δοκιμών ακολουθείται από κάποιο άλλο όχημα με παρόμοια τεχνικά και κατασκευαστικά χαρακτηριστικά και προσπαθεί να αντιγράψει τις κινήσεις του (επιταχύνσεις, επιβραδύνσεις, αλλαγές ταχυτήτων κ.α.) από την αρχή ως το τέλος της διαδρομής. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει ένα συγκεκριμένο όχημα, τότε πραγματοποιείται η αντιγραφή της κίνησης και της ροής των οχημάτων του κυκλοφοριακού δικτύου. Αποφεύγεται βέβαια η επιλογή πολύ αργών ή γρήγορων οχημάτων, ώστε το αποτέλεσμα να είναι ενδεικτικό. Μπορεί βέβαια να χρησιμοποιηθούν και ιδιωτικά οχήματα με κατάλληλο εξοπλισμό, που εκτελούν τις καθημερινές τους διαδρομές ή η χρήση τους κάθε φορά από διαφορετικούς οδηγούς, ώστε να αξιολογηθεί η συμπεριφορά των οδηγών στο δρόμο (Austin, 1993, Καραγιάννης, 2014).

Σουηδός ερευνητής το 1998 επέκρινε το πρότυπο NEDC (Ευρωπαϊκός κύκλος οδήγησης) διαπιστώνοντας διαφορές στις αέριες εκπομπές των οχημάτων κατά τις εργαστηριακές δοκιμές και τις

δοκιμές στον πραγματικό κόσμο. Μηχανικοί της EPA το 1990, στο εργαστήριο της Virginia κατασκεύασαν ένα σύστημα (ROVER) για δοκιμές και μέτρηση των εκπομπών ενός οχήματος σε δρόμο. Τέθηκε όμως εκτός λειτουργίας, το 2001, διότι οι δοκιμές των οχημάτων σε εργαστήριο και σε δρόμο εμφάνισαν διαφορά στις εκπομπές των καυσαερίων σε ποσοστό 10-20% (Kageson, 1998).

## 4.2 Περίπτωση Dieselgate

Το κέντρο ερευνών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής το 2011, δημοσίευσε μια έκθεση στην οποία αναφέρει ότι όλα τα δοκιμασμένα οχήματα diesel εκπέμπουν  $\text{NO}_x$   $0,93 \pm 0,39$  g/Km, ενώ τα εξεταζόμενα οχήματα πετρελαίου Euro 5 είχαν εκπομπές  $0,62 \pm 0,19$ g/Km. Το 2013 η επιτροπή προειδοποιεί, ότι τα σύγχρονα ελαφρά οχήματα με τους αισθητήρες και τα ηλεκτρονικά τους εξαρτήματα, όπως αισθητήρες επιτάχυνσης ή των μη περιστρεφόμενων τροχών, μπορούν να ανιχνεύσουν, την έναρξη ενός δοκιμαστικού ελέγχου που διεξάγεται στο εργαστήριο.

Σχετικά με το θέμα, η νομοθεσία δεν επιτρέπει την χρήση διατάξεων ή συσκευών που διαμορφώνουν, απενεργοποιούν ή καθυστερούν συστήματα ελέγχου εκπομπής ρύπων, αλλά τη χρήση διατάξεων που λειτουργούν για την προστασία του κινητήρα από ζημιές ή διασφαλίζουν την ασφάλεια λειτουργίας του οχήματος. Αφήνονται έτσι περιθώρια για ερμηνεία, αλλά και πεδίο εφαρμογής. Οι Ευρωπαϊκές κυβερνήσεις και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δεν μπορούν να συμφωνήσουν για το ποιος είναι υπεύθυνος.

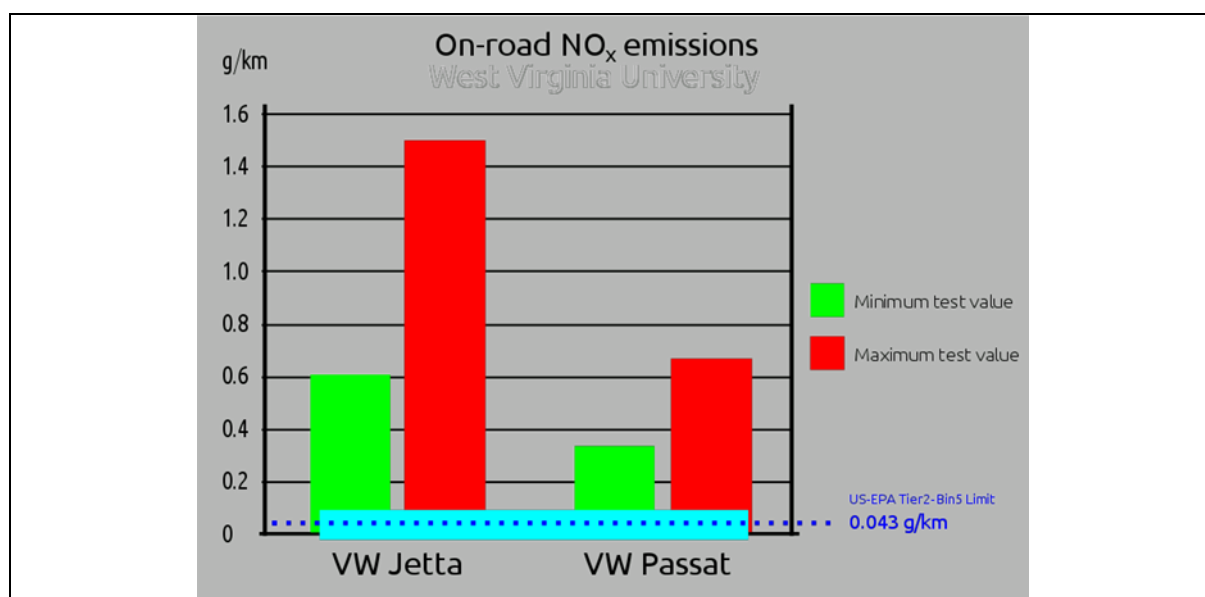
## 4.3 Έρευνες - Αποκάλυψη

Το Διεθνές Συμβούλιο για τις Καθαρές Μεταφορές (ICCT) παρέδωσε έκθεση στο Υπουργείο Μεταφορών του Ηνωμένου Βασιλείου τον Οκτώβριο του 2014, που αναφέρει την ύπαρξη προβλήματος με την συμμόρφωση των οξειδίων του αζώτου στα επιβατικά οχήματα diesel. Στο Ηνωμένο Βασίλειο η DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs) διεξήγαγε έρευνα, στην οποία καταγράφηκε μεγάλη μείωση των  $\text{NO}_x$  και των σωματιδίων από το 1983 έως και το 2014. Τα αιωρούμενα σωματίδια ( $\text{PM}_{10}$ ) μειώθηκαν στο μισό από το 1996 και μετά, παρά την αύξηση του αριθμού αλλά και του μεγέθους των πετρελαιοκίνητων οχημάτων στο Ηνωμένο Βασίλειο (Oliver et al, 2015).

Το ανεξάρτητο όργανο του Διεθνούς Συμβουλίου για τις Καθαρές Μεταφορές (ICCT), το 2014, πραγματοποίησε μια μελέτη στην οποία συγκέντρωσε στοιχεία για 15 οχήματα από τρεις διαφορετικές πηγές. Επιλέχθηκαν αμερικανικά οχήματα για δοκιμή στον δρόμο, λαμβάνοντας υπόψη τους αυστηρότερους κανονισμούς για τις εκπομπές των ρύπων των Η.Π.Α σε σχέση με την Ευρωπαϊκή Ένωση. Η μελέτη αυτή αναμενόταν ότι θα επιβεβαιώσει την άποψη για την ύπαρξη αυτοκινήτων diesel με καθαρότερες εκπομπές, τελικά οδήγησε σε αποκλίσεις των τιμών όσον αφορά στις εκπομπές αέριων ρύπων. Οι αποκλίσεις εστιάστηκαν σε οχήματα diesel της Volkswagen (Passat & Jetta) και όχι σε άλλες εταιρίες (BMW X5).

Το Πανεπιστήμιο της Δυτικής Βιρτζίνιας με μια ομάδα επιστημόνων και την οικονομική στήριξη της ICCT διεξήγαγε δοκιμές σε εργαστηριακούς χώρους και σε μια εγκατάσταση της Air Resources Board, σε τρία πετρελαιοκίνητα οχήματα (VW Passat, VW Jetta και BMW X5). Οι δοκιμές περιελάμβαναν έλεγχο των εκπομπών και υπό οδικές συνθήκες με την χρήση φορητού συστήματος μέτρησης εκπομπών. Υπήρχε λοιπόν η δυνατότητα συλλογής δεδομένων για τις εκπομπές ρύπων από τον πραγματικό κόσμο, αλλά και από τις δοκιμές στο εργαστηριακό δυναμόμετρο (Bigelow, 2015).

Οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι κάτω από πραγματικές συνθήκες τα οχήματα της Volkswagen υπερέβησαν τα νόμιμα όρια των αμερικανικών, αλλά και των ευρωπαϊκών προτύπων (Jetta: υπερέβη τα όρια εκπομπών κατά ένα συντελεστή 15-35, ενώ το Passat: υπερέβη τα όρια εκπομπών κατά ένα συντελεστή 5-20). Δεν ήταν πλέον μια απλή προσθήκη κάποιου κωδικού στο λογισμικό του κινητήρα, γιατί όφειλε και αυτό να έχει επικυρωθεί (Thompson, 2014).



Διάγραμμα 4.1: Εκπομπές VW NOX WVU (Barrett et al., 2015)

Τα οχήματα «παραβάτες» ήταν πιστοποιημένα να πληρούν το πρότυπο εκπομπών US EPA Tier2/Bin 5 ή το πρότυπο LEV-II ULEV της Καλιφόρνιας. Οι εκπομπές στα οξείδια του αζώτου όφειλαν να μην υπερβαίνουν τα 0,043g/Km για κινητήρες με πλήρη ωφέλιμη ζωή τα 190.000 Km ή τα 240.000 Km ανάλογα με τις επιλογές πιστοποίησης του οχήματος. Στα ευρωπαϊκά πρότυπα με βάση το Euro 5 (μοντέλα 2008) και Euro 6 (μοντέλα 2015) τα οξείδια του αζώτου περιορίζονται στα 0,18g/Km και στα 0,08g/Km αντιστοίχως. Συσκευές επέμβασης σε αυτές τις τιμές απαγορεύονται στην Ε.Ε και διώκονται ποινικά (EC 715/2007).

| Αυτοκίνητο                             | EPA (Ηνωμένες Πολιτείες) |           |   | Euro 5   |                 | Euro 6   | Σχόλιο                                     |
|--|--------------------------|-----------|---|----------|-----------------|----------|--|
|  | Όριο                     | Dyno      | Μέτρηση<br>MVU<br>(West Virginia<br>University) | Όριο     | Μέτρηση 2011    | Όριο     |  |
| <b>Όχημα Α</b><br>Volkswagen<br>Jetta  | 0,043 g/Km               | 0,022g/Km | 0,61 -1,5g/Km                                   | 0,18g/Km | 0,62 ± 0,19g/Km | 0,08g/Km | NO <sub>x</sub> παγίδα<br>(LNT) Όχημα<br>Α |
| <b>Όχημα Β</b><br>Volkswagen<br>Passat | 0,043 g/Km               | 0,016g/Km | 0,34 -<br>0,67g/Km                              |          | 0,62 ± 0,19g/Km |          | SCR με βάση<br>ουρία Όχημα Β               |

**Πίνακας 4.1: Αριθμοί NO<sub>x</sub> για Volkswagen Jetta & Passat (Thompson, 2014)**

Τα δεδομένα των δοκιμών για τις εκπομπές από την RapidScreen (Air Care Colorado) του Κολοράντο, το Μάιο του 2014, ενίσχυσαν την άποψη για ύπαρξη ανωμαλιών στις εκπομπές των ρύπων. Μετά από μια διετή έρευνα, μιας διεθνούς ομάδας ερευνητών, ανακαλύφθηκε η συσκευή παραβίασης, ως ένα κομμάτι κώδικα με την ένδειξη “acoustic condition”, η οποία ενεργοποιούσε τα συστήματα περιορισμού των εκπομπών όταν ο υπολογιστής του αυτοκινήτου αναγνώριζε ότι βρισκόταν υπό δοκιμή.



Εικόνα 4.1: Τρόπος λειτουργίας συσκευής VW (ΙΔΕΕΑ, 2015)

#### 4.4 Ανακοίνωση παραβίασης

Στις Η.Π.Α, στις 18 Σεπτεμβρίου 2015, η EPA (Environmental Protection Agency) ανακοίνωσε την παραβίαση του ομίλου Volkswagen. Περίπου 480.000 αυτοκίνητα VW και Audi με κινητήρες TDI, 2 λίτρων πουλήθηκαν το διάστημα από 2009 έως και 2015, με την συσκευή παραβίασης των ρύπων (Brooks, 2015). Η ανακοίνωση αυτή της παραβίασης όμως δεν αποτελεί οριστικό καθορισμό ευθύνης, αλλά την άποψη της EPA. Η συσκευή παραποίησης άλλωστε της Volkswagen αποτελεί ένα εγκεκριμένο firmware της μονάδας διαχείρισης του κινητήρα, που ανιχνεύει τη θέση του τιμονιού, την ταχύτητα του οχήματος, τη βαρομετρική πίεση και τη διάρκεια λειτουργίας του κινητήρα, όταν τοποθετηθεί σε εργαστηριακό έλεγχο με δυναμόμετρο και το πρόγραμμα δοκιμών FTP-75. Κριτήρια που ταιριάζουν αρκετά με το πρωτόκολλο δοκιμών των αέριων εκπομπών της EPA και που επέτρεπαν στο όχημα να συμμορφωθεί με τους κανονισμούς των εκπομπών κατά την διάρκεια των δοκιμών (Mortsiefer, 2017).

#### 4.5 Θέση της Volkswagen

Στελέχη της Volkswagen στις Η.Π.Α. και τη Γερμανία παραδέχθηκαν επίσημα την εξαπάτηση στις 3 Σεπτεμβρίου 2015 κατά την διάρκεια μιας τηλεδιάσκεψης με υπαλλήλους της EPA και της California Air Resources Board. Μέσα από έγγραφο υλικό που παρουσιάστηκε αποδεικνυόταν πως το λογισμικό της Volkswagen για πετρελαιοκινητήρες παρέκαμπε τις δοκιμές των εκπομπών των Η.Π.Α.. Στην αναγνώριση αυτή οδηγήθηκαν ύστερα από απειλή της EPA, ότι δεν θα εγκρίνει τα μοντέλα του 2016 της Volkswagen και Audi σε diesel (Gardner, 2015).

Ο Martin Winterkorn, Διευθύνων Σύμβουλος της Volkswagen από τις αρχές του 2008 έως τις 23 Σεπτεμβρίου του 2015, που παραιτήθηκε, και κατηγορήθηκε για απάτη και συνωμοσία, δήλωσε «Προσωπικά είμαι βαθύτατα λυπημένος που έχουμε χάσει την εμπιστοσύνη των πελατών μας και του κοινού». Ενώ ο Διευθύνων Σύμβουλος της Volkswagen Group της Αμερικής Michael Horn, ήταν πιο άμεσος δηλώνοντας «Η εταιρία μας ήταν ανέντιμη με την EPA, την California Air Resources Board και όλους εσάς». Ο Olaf Lies, μέλος του διοικητικού συμβουλίου της Volkswagen, αλλά και υπουργός οικονομικών της Κάτω Σαξονίας δήλωσε «οι άνθρωποι που επέτρεψαν να συμβεί αυτό ή αποφάσισαν να εγκαταστήσουν αυτό το λογισμικό ενήργησαν εγκληματικά και πρέπει να λογοδοτήσουν προσωπικά» (Ewing, 2018).

Με βάση την ανακοίνωση της Volkswagen έντεκα εκατομμύρια αυτοκίνητα συμμετείχαν στις ψευδείς αναφορές εκπομπών. Ο όμιλος θα παρείχε επτά δισεκατομμύρια δολάρια για την διόρθωση του λογισμικού. Ο νέος Διευθύνων Σύμβουλος της Volkswagen Mathias Müller, ανακοίνωσε ότι το λογισμικό δεν ενεργοποιήθηκε και στα έντεκα εκατομμύρια οχήματα, αλλά σε ένα ακαθόριστο ακόμη μέρος τους.

Με βάση γερμανικά δημοσιεύματα στην εφημερίδα Bild, δημοσιεύθηκε ότι η ανώτατη διοίκηση ήταν ενήμερη για την δημιουργία και την χρήση του λογισμικού από το 2007, όταν άρχισε να χρησιμοποιείται για τις ρυθμίσεις της εξάτμισης. Η Bosch ήταν η εταιρία που παρείχε το λογισμικό για σκοπούς δοκιμής και είχε προειδοποιήσει τη Volkswagen ότι η χρήση του σε συνθήκες κανονικής οδήγησης θα χαρακτηριζόταν παράνομη. Ο όμιλος VW για να μπορέσει να αντιμετωπίσει το σκάνδαλο, προσέλαβε τον πρώην διευθυντή του F.B.I., Louis Freeh και την πρώην συνταγματικό δικαστή Christine Hohmann-Dennhardt που στο παρελθόν είχε ασχοληθεί με την Daimler στο διοικητικό συμβούλιο ως διευθύντρια νομικών υποθέσεων.

Η Volkswagen στις 3 Νοεμβρίου του 2015, μετά από εσωτερική έρευνα, ανακοίνωσε ότι οι εκπομπές CO<sub>2</sub> και η κατανάλωση καυσίμων είχαν επηρεαστεί από παρατυπίες. Το κόστος της επισκευής που σχετίζονταν κυρίως με diesel οχήματα και μερικά βενζινοκίνητα ανέρχονταν στα 2 δις ευρώ. Αφορούσε με βάση τις αρχικές δηλώσεις του ομίλου περίπου 800.000 αυτοκίνητα που ήταν εξοπλισμένα με κινητήρες 1.4, 1.6 και 2.0 λίτρων της Volkswagen και Skoda. Στην συνέχεια η δήλωση αναθεωρήθηκε και στις 9 Δεκεμβρίου έγινε αναφορά για περίπου 36.000 οχήματα και ότι δεν είχαν προκύψει στοιχεία για παράνομη μεταβολή των εκπομπών του CO<sub>2</sub>.

Οι αρχές της Καλιφόρνιας όμως στις 3 Νοεμβρίου 2016, ανακοίνωσαν ότι ανακάλυψαν λογισμικό εγκατεστημένο σε μερικά μοντέλα Audi που επιτρέπει κατά τη διάρκεια δοκιμών την παρέμβαση στις εκπομπές του CO<sub>2</sub>. Η EPA, στις 20 Νοεμβρίου 2015 δήλωσε ότι τα μέλη της VW ανακοίνωσαν ότι επιπλέον όλοι οι πετρελαιοκινητήρες TDI 3.0 λίτρων που πουλήθηκαν στις Η.Π.Α το διάστημα 2009-2015 είχαν λογισμικό εξαπάτησης των εκπομπών, με την μορφή «εναλλακτικών συσκευών ελέγχου εξάτμισης».

Οι δηλώσεις της VW αναφέρουν ότι γνώριζαν την ύπαρξη αυτών των συσκευών, αλλά δεν ήταν για παραπλάνηση. Στηρίχθηκαν στο γεγονός ότι οι συσκευές αυτές ήταν απαγορευμένες στις Η.Π.Α., αλλά νόμιμες στην Ευρώπη. Το αμερικανικό πάντως Υπουργείο Δικαιοσύνης κινήθηκε νομικά απέναντι στην VW με τους ισχυρισμούς ότι οι κινητήρες diesel 3.0 λίτρων κάλυπταν τις νόμιμες απαιτήσεις μόνο σε λειτουργία θερμικής προετοιμασίας, ενώ στις άλλες συνθήκες οι εκπομπές έφθαναν έως και εννιά φορές πάνω από το ομοσπονδιακό πρότυπο. Η καταγγελία αυτή αφορούσε 85.000 οχήματα 3.0 λίτρων που πουλήθηκαν στις Η.Π.Α από το 2009 (EPA, 2015).

#### 4.6 Απόσυρση οχημάτων

Η Volkswagen ανακοίνωσε στις 29 Σεπτεμβρίου 2015 τα σχέδια για ανανέωση έντεκα εκατομμυρίων εμπλεκόμενων πετρελαιοκίνητων οχημάτων. Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται οχήματα της VW, Audi, Skoda, SEAT και 1,8 εκατομμύρια ελαφρά επαγγελματικά οχήματα (Πίνακας 4.2).



| Μάρκα | Οχήματα              |
|-------|----------------------|
| VW    | 5 x10 <sup>6</sup>   |
| AUDI  | 2,1 x10 <sup>6</sup> |
| SKODA | 1,4x10 <sup>6</sup>  |
| SEAT  | 7x10 <sup>5</sup>    |

Πίνακας 4.2: Στόχος ανανέωσης οχημάτων της VW (Volkswagen, 2015)

Στην Ευρώπη επηρεάζονταν περίπου 8 εκατομμύρια οχήματα, που η επισκευή τους δεν σημαίνει την υποχρεωτική ανάκληση τους, αλλά και την επισκευή τους χωρίς χρέωση (Πίνακας 4.3). Η ανάκληση του οχήματος απαιτείται μόνο στην περίπτωση που εντοπίζεται πρόβλημα, το οποίο μπορεί να καταστεί επικίνδυνο για τους επιβάτες του οχήματος. Η VW δεσμεύεται να επιτύχει την συμμόρφωση με τις κοινοτικές οδηγίες για τις εκπομπές των ρύπων, χωρίς να επηρεάσει την απόδοση και την κατανάλωση του οχήματος. Χωρίς βέβαια να είναι σαφές εάν η επισκευή θα εμπεριείχε τροποποιήσεις υλικού, όπως αναβαθμίσεις καταλυτικής αναγωγής (Geuss, 2015, Davies, 2015).

| Ευρώπη             |                     |
|--------------------|---------------------|
| Χώρα               | Οχήματα             |
| Γερμανία           | 2,9x10 <sup>6</sup> |
| Ηνωμένο Βασίλειο   | 1,2x10 <sup>6</sup> |
| Γαλλία             | 984.064             |
| Αυστρία            | 360.000             |
| Τσεχική Δημοκρατία | 148.000             |
| Πορτογαλία         | 94.400              |
| <b>Σύνολο:</b>     | <b>5.686.464</b>    |

Πίνακας 4.3: Οχήματα που ανακλήθηκαν από την VW ανά χώρα (Reuters, 2015)

Ο προγραμματισμός της εταιρίας ήταν η ανάκληση των οχημάτων να ξεκινήσει τον Ιανουάριο του 2016 και να ολοκληρωθούν οι επιδιορθώσεις έως το τέλος του χρόνου. Ο Διευθύνων Σύμβουλος όμως της εταιρίας, Michael Horn, δήλωσε ενώπιον του Κογκρέσου στις 8 Οκτωβρίου, ότι θα χρειαστούν χρόνια για να επιδιορθωθούν τα οχήματα κυρίως της παλιάς τεχνολογίας εξαιτίας των σύνθετων αλλαγών υλικού και λογισμικού που απαιτούνταν. Οι δε διορθώσεις θα διατηρήσουν πιθανόν την οικονομία του καυσίμου, αλλά μπορεί να επηρεάσουν ελαφρώς την απόδοση του οχήματος.

Στο Ηνωμένο Βασίλειο στις 12-13 Οκτωβρίου 2015 οι οδηγοί οχημάτων της VW άρχισαν να δέχονται ειδοποιητήριο για να "διορθώσουν το ζήτημα". Το χρονοδιάγραμμα που ανακοίνωσε η VW για τις ανακλήσεις diesel αναφερόταν στον Μάρτιο 2016 για κινητήρες 2.0 λίτρων, τον Ιούνιο του 2016 για 1.2 λίτρα και τον Οκτώβριο του 2016 για 1.6 λίτρα. Στην Γερμανία μετά από επέμβαση της ομοσπονδιακής αρχής για τις μεταφορές των οχημάτων (KBA: Kraftfahrt -Bundesamt ), διετάχθη η πλήρης ανάκληση όλων των οχημάτων που επηρεάζονταν. Οι γερμανικές αρχές απαίτησαν από την VW να αφαιρέσει το λογισμικό και να διασφαλίσει ότι πληρούνται οι κανόνες για τις εκπομπές των ρύπων, γεγονός που επηρέασε και τα άλλα κράτη. Έτσι η VW αποφασίζει τελικά να ανακαλέσει 8,5 εκατομμύρια οχήματα σε ολόκληρη την Ευρώπη, δηλαδή το ένα τρίτο των οχημάτων που παρέδωσε από το 2009.

Η VW τον Φεβρουάριο του 2016 έχει να επισκευάσει τρία μεγέθη επηρεασμένων κινητήρων diesel, με πάνω από δώδεκα παραλλαγές στις επισκευές τους. Το γερμανικό περιοδικό Auto Motor und Sport εξέτασε δυο επεξεργαστές στο όχημα Amarok TDI πριν και μετά από την ενημέρωση του λογισμικού και συμπεράνε ότι η ισχύς του κινητήρα παραμένει η ίδια, η κατανάλωση αυξάνεται κατά 0,5 l/ 100Km. Η αναφορά αυτή οδήγησε σε καθυστέρηση στις επισκευές των οχημάτων καθώς η KBA ανάλαβε περαιτέρω δοκιμές (Cremer, 2016).

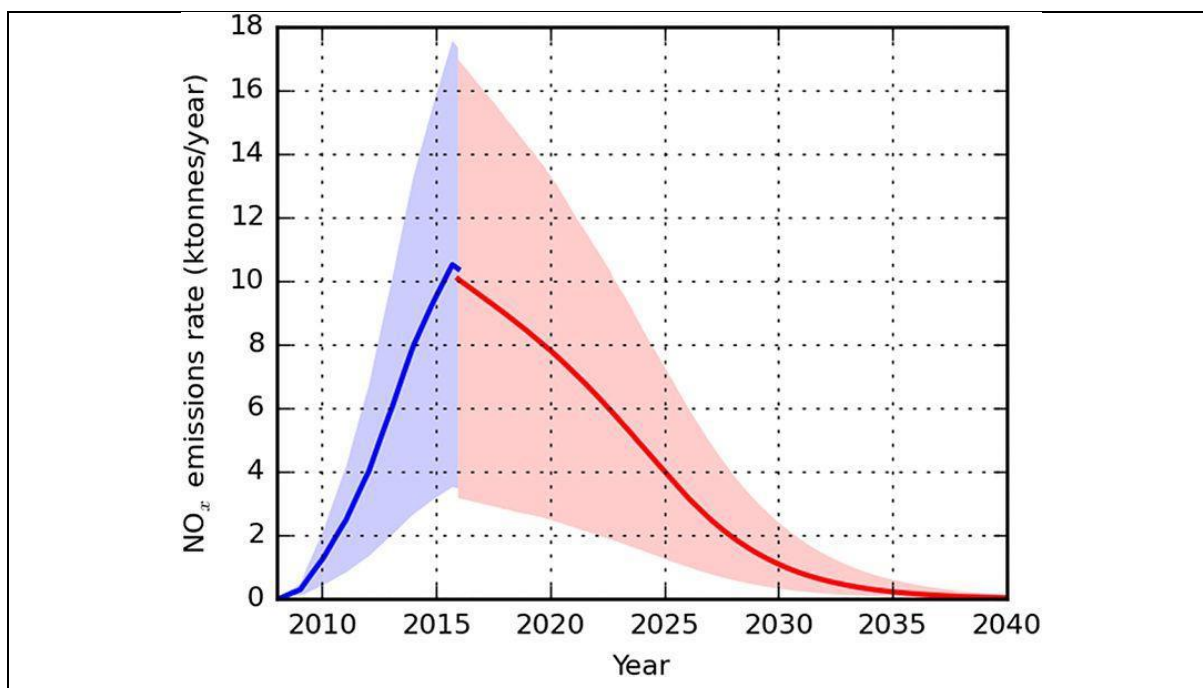
Η VW στην προσπάθεια να κερδίσει και πάλι τους πελάτες της άρχισε κινήσεις αντιστάθμισης. Έτσι στις 9 Νοεμβρίου του 2015 προσφέρει σε 482.000 κατόχους αυτοκινήτων Audi και VW των Η.Π.Α. ποσό 1.000 δολαρίων σε κουπόνια. Με βάση δηλώσεις της, η αποδοχή των δελτίων δώρου των ιδιοκτητών δεν εμποδίζει τους ιδιοκτήτες να της υποβάλλουν αγωγή. Στο πλαίσιο αυτό η VW δημιούργησε επίσης και ένα ταμείο αποζημιώσεων με διαχειριστή τον Kenneth Feinberg που προσέφερε διάφορα πακέτα αποζημιώσεων, όπως μετρητά, επισκευή ή αντικατάσταση αυτοκινήτου κ.α. Εκπρόσωπος όμως της VW δήλωσε ότι «αποζημιώσεις δεν υπάρχουν». Στοιχείο που αναδεικνύει την αδυναμία προσδιορισμού ακόμα και σήμερα του συνολικού οικονομικού μεγέθους της απάτης, της αποζημίωσης από πλευρά της εταιρίας, αλλά και τον αριθμό των επισκευασμένων οχημάτων.

Το ομοσπονδιακό περιφερειακό δικαστήριο της Βόρειας Καλιφόρνιας που ήταν υπεύθυνο για την επίβλεψη σχεδόν όλων των αμερικανικών διαφορών, καθώς και για τις αιτήσεις ιδιοκτητών οχημάτων ή κρατικών κυβερνήσεων, στις 21 Απριλίου 2016 ανακοίνωσε ότι η VW θα προσφέρει αποζημίωση στους Αμερικανούς πελάτες της και την αγορά περίπου 500.000 οχημάτων diesel 2.0 λίτρων, ως κομμάτι διακανονισμού με την Βόρεια Αμερική. Ως υπεύθυνος των διαπραγματεύσεων ανάμεσα στους αιτούντες, της VW και των αρχών, ορίστηκε ο πρώην διευθυντής του F.B.I., Robert Mueller (Ewing, 2015).

## 4.7 ΣΥΝΕΤΠΕΙΕΣ

Το σκάνδαλο εκπομπών Dieselgate ανέδειξε τις αυξανόμενες ανησυχίες για το χάσμα απόδοσης πραγματικού κόσμου και επιστήμης. Η συνεχώς αυξανόμενη χρήση των οχημάτων οδήγησε τις πιστοποιήσεις των αυτοκινήτων να γίνουν αναποτελεσματικές και παραπλανητικές προς τους καταναλωτές, θέτοντας σε πιθανό κίνδυνο την ανθρώπινη υγεία του ευρύτερου πληθυσμού. Η σημερινή γενιά οχημάτων, των Euro 6, αποδείχθηκε ότι εκπέμπει κατά μέσο όρο επτά φορές περισσότερο NO<sub>x</sub> από τα πιστοποιημένα όρια. Χαρακτηριστική είναι η χωρική κατανομή της πραγματικής εκτιμώμενης υπέρβασης των εκπομπών NO<sub>x</sub> (Kg/Km<sup>2</sup>) από ελαφρού τύπου πετρελαιοκίνητα οχήματα της VW που αθροίστηκαν κατά το 2008-2015. Η κορύφωση της πυκνότητας των εκπομπών είναι στα 466 Kg/Km<sup>2</sup>. Για κάθε έτος χρησιμοποιήθηκε η μέση τιμή των εκπομπών (Brand, 2016, Barrett, 2015).

Η μακροχρόνια έκθεση σε χαμηλές συγκεντρώσεις οξειδίων του αζώτου μπορεί να δημιουργήσει χρόνια βρογχίτιδα και εμφύσημα. Στα παιδιά η έκθεση αυτή προκαλεί συχνή εμφάνιση αναπνευστικών λοιμώξεων. Στα άτομα με άσθμα και χρόνια βρογχίτιδα παρουσιάζεται μεγαλύτερη ευαισθησία. Η έκθεση σε μεγάλες συγκεντρώσεις μπορεί να οδηγήσει σε πνευμονικό οίδημα ή σε θάνατο. Μέσα από το διάγραμμα 4.2 απεικονίζεται η ετήσια περίσσεια των NO<sub>x</sub> (εκατομμύρια Kg) που παρήγαγαν ελαφρά οχήματα diesel της VW. Το διάστημα 2008 έως 2015 φαίνονται οι υπερβολικά πραγματικές εκπομπές, ενώ από το 2016 και πέρα είναι οι τιμές που αναμένονται με βάση τον υφιστάμενο αριθμό οχημάτων που χρησιμοποιούνται και θεωρώντας ότι δεν θα υπάρξουν ξανά πωλήσεις προβληματικών οχημάτων ή μετασκευές (Holland et al., 2006, Barrett, 2015).



Διάγραμμα 4.2: Ετήσια υπέρβαση diesel οχημάτων VW σε NO<sub>x</sub> (Barrett et al., 2015)

## 5. Νέος Ευρωπαϊκός Κύκλος Οδήγησης (NEDC)

Ξεκινώντας από τη δεκαετία του '80, τα οχήματα (με κινητήρα Diesel) εξετάζονται για τις εκπομπές τους, χρησιμοποιώντας τις τυποποιημένες μεταβατικές δοκιμές (Μεταβατικοί Κύκλοι) για την έγκρισή τους. Αυτές οι δοκιμές χαρακτηρίζονται συνήθως από μακρά διάρκεια (μέχρι και 30 λεπτά) και συμπεριλαμβάνουν αλλαγές ταχύτητας και φορτίων κάτω από ποικίλες συνθήκες λειτουργίας. Ένας Μεταβατικός Κύκλος (Transient Cycle) δοκιμής αποτελείται από μια ακολουθία δοκιμαστικών σημείων, το κάθε ένα από τα οποία ορίζει μια καθορισμένη ταχύτητα οχήματος που πρέπει να ακολουθήσει το όχημα κατά τη διάρκεια της δοκιμής, ή μια καθορισμένη ταχύτητα ή ροπή για να δοκιμαστεί ο κινητήρας κάτω από τις μεταβατικές συνθήκες. Τα σημεία δοκιμής είναι διαιρεμένα σε χρονικά βήματα, συνήθως δευτερόλεπτα, κατά τη διάρκεια των οποίων η επιτάχυνση θεωρείται σταθερή. Τέτοια τυποποίηση είναι απαραίτητη προκειμένου να συγκριθούν διαφορετικά οχήματα ή κινητήρες που πραγματοποιούν την ίδια λειτουργία. Παρότι οι Μεταβατικοί Κύκλοι ορίστηκαν για την πιστοποίηση εκπομπών ρύπων σε εφαρμογές αυτοκίνησης, έχουν πρόσφατα προταθεί και ειδικοί δοκιμαστικοί κύκλοι για κινητήρες με χρήση εκτός δρόμου.

Προκειμένου να είναι οι μετρήσεις των εκπομπών αντιπροσωπευτικές της πραγματικής λειτουργίας των κινητήρων, οι Μεταβατικοί Κύκλοι δοκιμής ενσωματώνουν όλες ή μερικές από τις ακόλουθες συνθήκες οδήγησης :

- Ψυχρή και θερμή εκκίνηση
- Συχνές επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις
- Μεταβολές του φορτίου
- Συνθήκες λειτουργίας ρελαντί χαρακτηριστικές του αστικού Κύκλου οδήγησης
- Οδήγηση σε προάστια ή αγροτικούς δρόμους
- Οδήγηση σε αυτοκινητόδρομο

Με την εφαρμογή ενός Μεταβατικού Κύκλου για τη δοκιμή νέων οχημάτων, δοκιμάζεται ολόκληρο το εύρος λειτουργίας του κινητήρα και όχι μόνο τα σημεία λειτουργίας μέγιστης ισχύος ή ροπής. Επιπλέον, λαμβάνονται υπόψιν οι σοβαρές ανακολουθίες που προκύπτουν κατά την απότομη επιτάχυνση ή επιβράδυνση και έχουν σαν αποτέλεσμα οι εκπομπές αερίων ρύπων και στερεών σωματιδίων να ξεπερνούν στιγμιαία, κατά πολύ, τα όρια. Το φαινόμενο αυτό είναι εντονότερο σε υπερπληρωμένους (και κυρίως στροβιλο-υπερπληρωμένους) κινητήρες και οφείλεται κυρίως στο φαινόμενο της υστέρησης του στροβιλο-υπερπληρωτή γνωστό σαν turbocharger lag. Πρέπει, εντούτοις, να παρατηρηθεί ότι ο αρχικός στόχος της διαδικασίας ενός Μεταβατικού Κύκλου είναι να προσδιοριστεί το συνολικό ποσό εκπομπών παρά να υποδειχθούν τα συγκεκριμένα σημεία ή τις συνθήκες όπου αυτές

οι εκπομπές παράγονται. Επιπλέον, οι νομοθετημένοι Κύκλοι δοκιμής υποθέτουν ευθείς δρόμους με μηδενική κλίση, κατά συνέπεια δεν υπάρχει αναφορά στην αντίστοιχη ροπή αντίστασης που εξαρτάται από την κλίση του οδοστρώματος (Martini et al., 2013).

Οι Μεταβατικοί Κύκλοι απαιτούν ιδιαίτερα περίπλοκες πειραματικές εγκαταστάσεις (πλήρως αυτοματοποιημένες με ηλεκτρονικά ελεγχόμενο δυναμόμετρο, συσκευές ανάλυσης καυσαερίων με γρήγορη απόκριση, σήραγγες ανάμιξης κ.λπ.) προκειμένου να υπάρχει ακριβής αναπαράσταση καθώς και σύνθετα υπολογιστικά μοντέλα για την εξομοίωση αυτών. Πολλές χώρες ανά τον κόσμο έχουν αναπτύξει Μεταβατικούς Κύκλους για τον έλεγχο εκπομπών των οχημάτων τους. Αυτοί οι Κύκλοι αφορούν τον έλεγχο επιβατικών οχημάτων, ελαφρού τύπου (εμπορικά) οχημάτων καθώς και οχημάτων βαρέος τύπου.

Τα επιβατικά αυτοκίνητα και τα ελαφρού τύπου εμπορικά οχήματα υποβάλλονται συνήθως σε δυναμομέτρηση σύμφωνα με ένα Κύκλο Δοκιμής που συσχετίζει την ταχύτητα του οχήματος με το χρόνο, και τα αποτελέσματα εκφράζονται σε g/km. Αντίθετα για τα βαρέος τύπου οχήματα στα οποία η δυναμομέτρηση ολόκληρου του οχήματος είναι πολύ πιο δύσκολη, η διαδικασία πιστοποίησης των εκπομπών βασίζεται συνήθως σε ένα Κύκλο (δυναμομέτρηση) κινητήρα. Αυτός πραγματοποιείται σε μία πέδη δοκιμής κινητήρων, όπου ο υπό μελέτη κινητήρας ακολουθεί μία καθορισμένη διαδικασία Κύκλου που συσχετίζει ταχύτητα περιστροφής ή ροπή με το χρόνο και τα αποτελέσματα της δοκιμής εκφράζονται συνήθως σε g/kWh.

Οι εκπομπές μπορούν να χαρακτηριστούν, να ρυθμιστούν, ή να ελεγχθούν μόνο εάν μπορούν να μετρηθούν ακριβώς. Οι αυξανόμενες ανησυχίες για τις εκπομπές κινητήρων Diesel, σχετικά με την υγεία και περιβαλλοντικούς λόγους, οδήγησαν στην ανάπτυξη ενός ευρέος φάσματος τεχνικών μέτρησης για να ταιριάζουν για τις ποικίλες εφαρμογές. Πολλές τεχνικές, ειδικά εκείνες που χρησιμοποιούνται σε κανονισμούς, έχουν τυποποιηθεί για να παράγουν συγκρίσιμα αποτελέσματα ακόμα κι αν πραγματοποιηθούν σε διαφορετικά εργαστήρια δοκιμών (Mock et al., 2012).

## 5.1 Δυναμόμετρα

Το δυναμόμετρο είναι μια συσκευή που επιτρέπει την εφαρμογή ελεγχόμενης ταχύτητας και συνθηκών φορτίων σε ένα κινητήρα ή όχημα. Τα δυναμόμετρα μπορούν να διαχωριστούν σε δύο κατηγορίες :

- Δυναμόμετρα πλαισίων, για τη δοκιμή των οχημάτων.
- Δυναμόμετρα κινητήρων, για τη δοκιμή των κινητήρων.

Στο δυναμόμετρο πλαισίων (chassis dynamometer) ολόκληρο το όχημα τοποθετείται στους κυλίνδρους έλξεως, στους οποίους οδηγούνται οι κινητήριοι τροχοί του οχήματος και έτσι το όχημα χειρίζεται από

έναν οδηγό. Ένα επιβατικό αυτοκίνητο σε ένα πεδίο δοκιμών δυναμόμετρου πλαισίων παρουσιάζεται στις Εικόνες 5.1 και 5.2. Το όχημα δένεται στο πάτωμα και στις δύο άκρες για να αποτραπεί η μετακίνησή του. Τα αέρια της εξαγωγής συλλέγονται από το σύστημα δειγματοληψίας. Μια οθόνη υπολογιστή ορατή μέσα από το μπροστινό τζάμι του αυτοκινήτου (παρμπρίζ) παρέχει τις πληροφορίες ταχύτητας στον οδηγό, ο οποίος πρέπει να ακολουθήσει τον καθορισμένο Κύκλο Δοκιμής όσο το δυνατόν με μεγαλύτερη ακρίβεια.

Ο στόχος του δυναμόμετρου είναι να αναπαράγει το φορτίο κατά την κίνηση του οχήματος στο δρόμο και τη μαζική ροπή αδράνειας του οχήματος. Ένα όχημα στο δρόμο έχει να υπερνικήσει την αντίσταση τριβής κυλίσεως ( $F_r$ ), την αεροδυναμική αντίσταση ( $F_a$ ), την αντίσταση κλίσεως οδοστρώματος ( $F_{gr}$ ) και την αντίσταση επιταχύνσεως ( $F_b$ ). Όλες αυτές οι αντιστάσεις μπορούν να προσομοιωθούν στο δυναμόμετρο πλαισίων μέσω της επιβολής κατάλληλης τιμής αντιστάσεως ( $F_r + F_a + F_{gr}$ ) στους κυλίνδρους έλξεως του δυναμομέτρου καθώς και της χρήσεως μάζας κατάλληλης μαζικής ροπής αδρανείας (στον άξονα των κυλίνδρων έλξεως) Δυναμόμετρα πλαισίων, για τη δοκιμή των οχημάτων για την προσομοίωση της  $F_b$ , δηλαδή των επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων του οχήματος.

Τα δυναμόμετρα πλαισίων χρησιμοποιούνται συνήθως για τη δοκιμή των επιβατικών αυτοκινήτων και άλλων ελαφρού τύπου οχημάτων (Degraeuwe & Weiss, 2017) .



**Εικόνα 5.1: Επιβατικό αυτοκίνητο στο δυναμόμετρο πλαισίων**

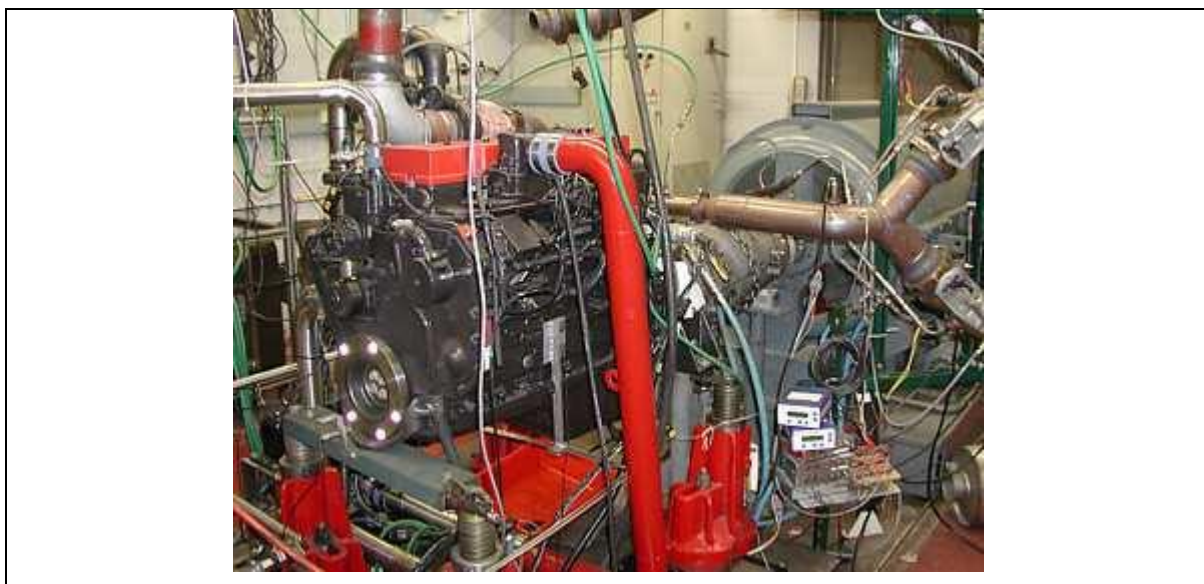


Εικόνα 5.2: Επιβατικό όχημα σε εγκατάσταση Κύκλου δοκιμής για έλεγχο εκπομπών (European Commission 2009)



Εικόνα 5.3: Δοκιμή Ελέγχου Εκπομπών σε scooter (European Commission 2009)

Στα δυναμόμετρο κινητήρων (engine dynamometer) ο κινητήρας συνδέεται άμεσα σε μία πέδη. Σε αυτήν την διαμόρφωση, το δυναμόμετρο πρέπει να μιμηθεί τη συμπεριφορά ολόκληρου του οχήματος καθώς και του συστήματος μετάδοσης, συμπεριλαμβανομένης της εξαιρετικά γρήγορης απόκρισης ροπής και ταχύτητας κατά τη διάρκεια της μεταβατικής λειτουργίας. Ηλεκτρικά δυναμόμετρα (συνεχούς ή εναλλασσόμενου ρεύματος) απαιτούνται για τους Κύκλους δοκιμής που περιλαμβάνουν τμήματα ετεροκίνησης, όπου το δυναμόμετρο “οδηγεί” τον κινητήρα, όπως στον Αμερικανικό Μεταβατικό Κύκλο FTP ή στον Ευρωπαϊκό ETC. Τα δυναμόμετρα κινητήρων χρησιμοποιούνται συνήθως για τη δοκιμή των βαρέος τύπου κινητήρων, όπως απεικονίζεται στις Εικόνες 5.4 και 5.5.



Εικόνα 4.4: Κινητήρας βαρέος τύπου στη θέση του δυναμόμετρου δοκιμής κινητήρων.





Εικόνα 4.5: Κινητήρας βαρέος τύπου στη θέση του δυναμόμετρου δοκιμής κινητήρων κατά τον έλεγχο εκπομπών (European Commission 2009)

## 5.2 Μετρήσεις εκπομπών κατά τη διάρκεια των Μεταβατικών Κύκλων

Η διαδικασία μέτρησης των καυσαερίων που χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια των Μεταβατικών Κύκλων είναι η τεχνική της δειγματοληψίας σταθερού όγκου CVS (Constant Volume Sampling), Σχήμα 5.1. Αυτή έχει γίνει αποδεκτή από την ισχύουσα νομοθεσία σε πολλές χώρες ως η επίσημα αναγνωρισμένη μεθοδολογία δειγματοληψίας για την πιστοποίηση των ελαφρών και βαρέων κινητήρων/οχημάτων. Στην περίπτωση πιστοποίησης επιβατικών ή οχημάτων ελαφρού τύπου οι εγκαταστάσεις CVS συνδυάζονται με την ύπαρξη δυναμόμετρου πλαισίου.

Η διαδικασία CVS συνίσταται στην αραιώση της ολικής ποσότητας ανεπεξέργαστου καυσαερίου με καθαρό αέρα περιβάλλοντος σε μία σήραγγα αραιώσεως. Η αραιώση γίνεται προκειμένου να αποφευχθεί οποιαδήποτε συμπύκνωση υδρατμών στην εγκατάσταση. Η ανάμειξη αυτή γίνεται χρησιμοποιώντας μία περιστροφική αντλία θετικής εκτοπίσεως ή αντλία κενού κρίσιμης ροής “venturi” η οποία αναρροφά το ισχυρώς αραιωμένο στον αέρα καυσαέριο με μια σταθερή παροχή όγκου, την οποία μετρά. Η σταθερή ροή διευκολύνει τον ακριβή υπολογισμό των εκπομπών με βάση τη μάζα τους. Ένας εναλλάκτης θερμότητας μπορεί προαιρετικά να εγκατασταθεί για αναλογική δειγματοληψία σωματιδίων και για καθορισμό της ροής. Η (κυρίως) σήραγγα είναι ένας θερμαινόμενος ανοξείδωτος σωλήνας από ατσάλι και πρέπει να έχει αρκετό μήκος έτσι ώστε να επιτρέπει πλήρη ανάμειξη του καυσαερίου με τον αέρα. Η διάμετρος της σήραγγας εξαρτάται από τη ροή των καυσαερίων και είναι αρκετά μικρή για να προκαλεί τυρβώδη ροή ( $Re > 4000$ ). Για βαρέος τύπου κινητήρες Diesel είναι της

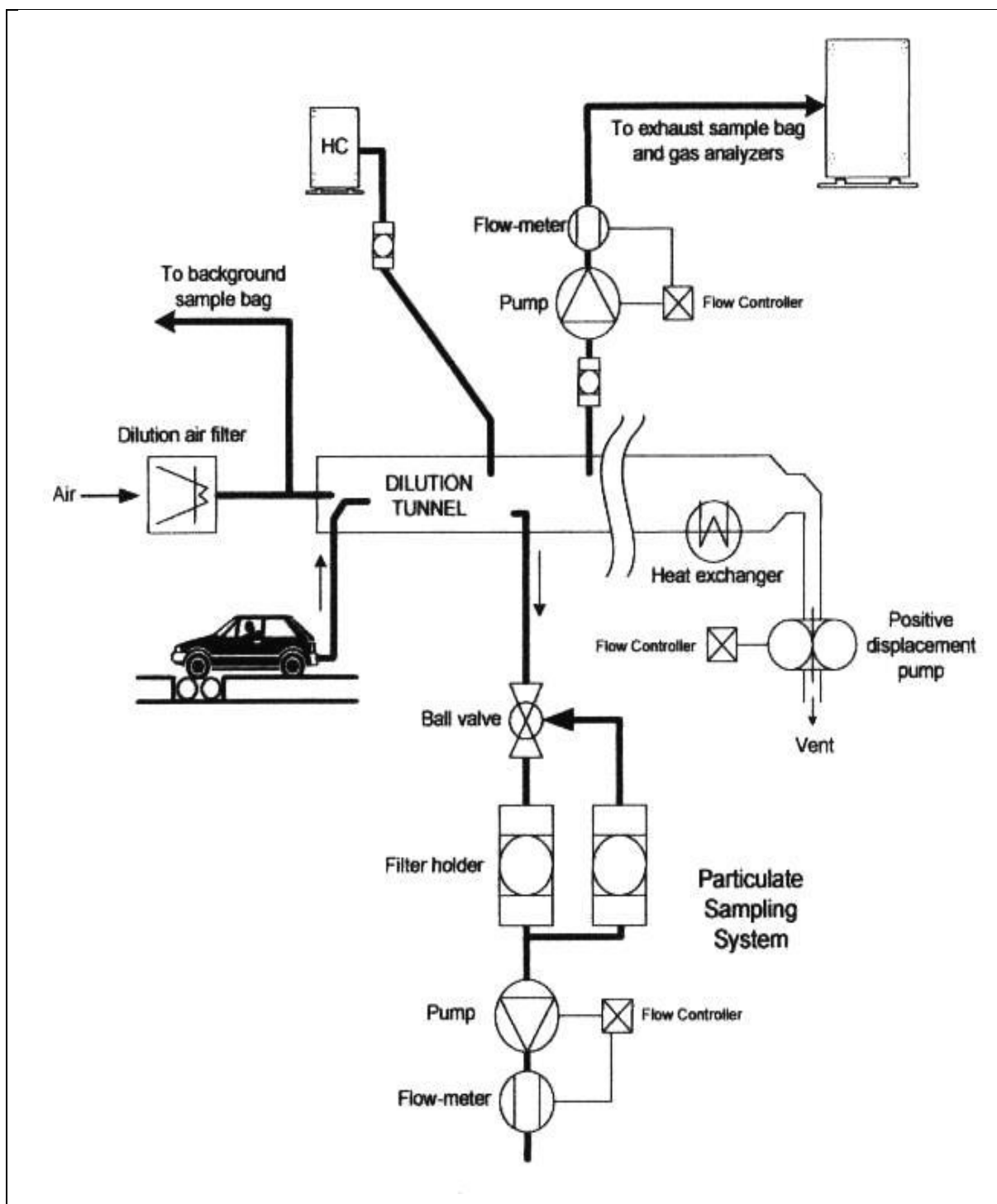
τάξης των 250 έως 300mm. Η ποσότητα του αραιωμένου αέρα πρέπει να είναι αρκετή για να ψύχει το μίγμα καυσαερίου-αέρα σε όλες τις συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα και σε θερμοκρασία χαμηλότερη από 325K (Degraeuwe & Weiss, 2017) .

Κατά τη φάση των μετρήσεων αντλούνται δείγματα αερίων από τη σήραγγα αραιώσης στο σημείο όπου το καυσαέριο είναι εντελώς αναμεμιγμένο με το διάλυμα αέρα (τυπικά  $\geq 10$  διάμετροι σήραγγας από το σημείο όπου και οι δύο ροές εισάγονται στη σήραγγα). Ένα μικρό κλάσμα της ροής CVS (π.χ. 1%) υφίσταται δειγματοληψία σε σάκο από τεφλόν με όγκο  $\sim 100$ lt. Πριν την είσοδο των αερίων στην αντλία για να εξέλθουν στην ατμόσφαιρα, τα αέρια ψύχονται σε εναλλάκτη θερμότητας μέχρι θερμοκρασία περιβάλλοντος  $\pm 5^\circ\text{C}$ , ώστε η πυκνότητά τους να είναι σταθερή. Έτσι και η παροχή μάζας μέσω της αντλίας είναι σταθερή αφού και η παροχή όγκου διαμέσου αυτής είναι σταθερή. Μετά τη δοκιμή, οι συγκεντρώσεις των αερίων στα δείγματα μετρώνται μέσω ενός αναλυτή καυσαερίων.

Η διαδικασία που αναφέρθηκε προηγουμένως για την μέτρηση των CO, HC και NOx ισχύει τόσο για κινητήρες Otto όσο και για κινητήρες Diesel, με την εξαίρεση της μέτρησης των HC, όπου στους κινητήρες Diesel λόγω του βαρύτερου καυσίμου που χρησιμοποιείται, τα καυσαέρια περιέχουν HC με σχετικά υψηλό σημείο υγροποίησης. Έτσι εάν γινόταν η συλλογή τους σε σάκους θα υπήρχε σημαντική συμπίκνωση των HC στα τοιχώματα των σάκων με αποτέλεσμα λανθασμένη μέτρηση. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται ένας θερμαινόμενος σωλήνας δειγματοληψίας, όπου αντλείται μικρή ποσότητα δείγματος, η οποία στην συνέχεια οδηγείται στον αντίστοιχο αναλυτή.

Για την μέτρηση των σωματιδίων, ένα δείγμα της συνολικής ροής από τη σήραγγα ανάμιξης εξάγεται και περνάει είτε κατευθείαν ή μέσω δεύτερης ανάμιξης στο σύστημα δειγματοληψίας σωματιδίων, όπου τα σωματίδια συλλέγονται με φίλτρα από fiber-glass επικαλυμμένα με τεφλόν. Για την εξασφάλιση της δυνατότητας να αναπαραχθεί η μέτρηση ασταθών συστατικών που απορροφώνται από το φίλτρο, είναι απαραίτητο το φίλτρο να ισορροπεί σε ορισμένη θερμοκρασία και επίπεδο υγρασίας. Η εκπομπή σωματιδίων καθορίζεται από την ολική μάζα που συλλέγεται στα φίλτρα κατά τη διάρκεια του Μεταβατικού Κύκλου. Από τα σωματίδια που έχουν συλλεγεί μετράται η αιθάλη και το οργανικό κλάσμα το οποίο έχει επικίνδυνα χαρακτηριστικά για την υγεία των ζωντανών οργανισμών.

Για σύγκριση με τα όρια των προτύπων, υπολογίζεται μία μέση τιμή κατά τον Μεταβατικό Κύκλο (g/test ή g/km ή g/kWh) και για τις δύο εκπομπές, αέριες και σωματιδίων. Η χρήση του συστήματος CVS απαιτεί μεγάλο χώρο και κόστος. Είναι φανερό ότι με αυτήν τη μεθοδολογία, ο υπολογισμός της συνολικής ποσότητας των καυσαερίων επιτυγχάνεται χωρίς υπόδειξη ούτε των προσωρινών σημείων μεγιστοποίησης των εκπομπών (overshoots) ούτε και του χρονικού παραθύρου στη δοκιμή, όπου οι εκπομπές κυρίως δημιουργούνται (Αλαφούζος, 2009) .



Σχήμα 5.1: Τυπικό σύστημα δειγματοληψίας σταθερού όγκου CVS με αντλία θετικής εκτόπισης για την πιστοποίηση των οχημάτων

### 5.3 Νέος Ευρωπαϊκός Κύκλος Οδήγησης NEDC για Ελαφρού τύπου οχήματα

Τα επιβατικά οχήματα και τα ελαφρού τύπου εμπορικά οχήματα ελέγχονται στην Ευρωπαϊκή Ένωση με βάση τον Μεταβατικό Κύκλο NEDC (New European Driving Cycle) - (Διάγραμμα 5.1), διαδικασία η οποία εκτελείται σε ένα δυναμόμετρο πλαισίων (EEC οδηγία 90/C81/01). Η διαδικασία αποτελείται από τέσσερα τμήματα του Κύκλου ECE-15 επαναλαμβανόμενα χωρίς διακοπή, που ακολουθούνται από ένα τμήμα EUDC (European Urban Driving Cycle).

Ο Κύκλος ECE-15 (Διάγραμμα 5.2) είναι ένας αστικός Κύκλος οδήγησης (βασισμένος στις κυκλοφοριακές συνθήκες μεγάλης Ευρωπαϊκής πόλης), με σχετικά μικρές επιταχύνσεις που αναπαριστά τις κυκλοφοριακές αστικές συνθήκες οδήγησης σε μια μεγάλη Ευρωπαϊκή πόλη. Χαρακτηρίζεται από σχετικά χαμηλές ταχύτητες οχημάτων και φορτία κινητήρων. Το κάθε ένα από τα τέσσερα τμήματα του ECE-15 διαρκεί 195 δευτερόλεπτα (συνολικά  $4 \times 195 = 780$  sec) που αντιστοιχούν σε 1,013km (συνολικά  $4 \times 1,013 = 4,052$ km) όπως υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψιν το προφίλ ταχύτητας. Η μέγιστη ταχύτητα του Κύκλου ECE-15 είναι 50 km/h και η μέση ταχύτητα αυτού 18,7 km/h.

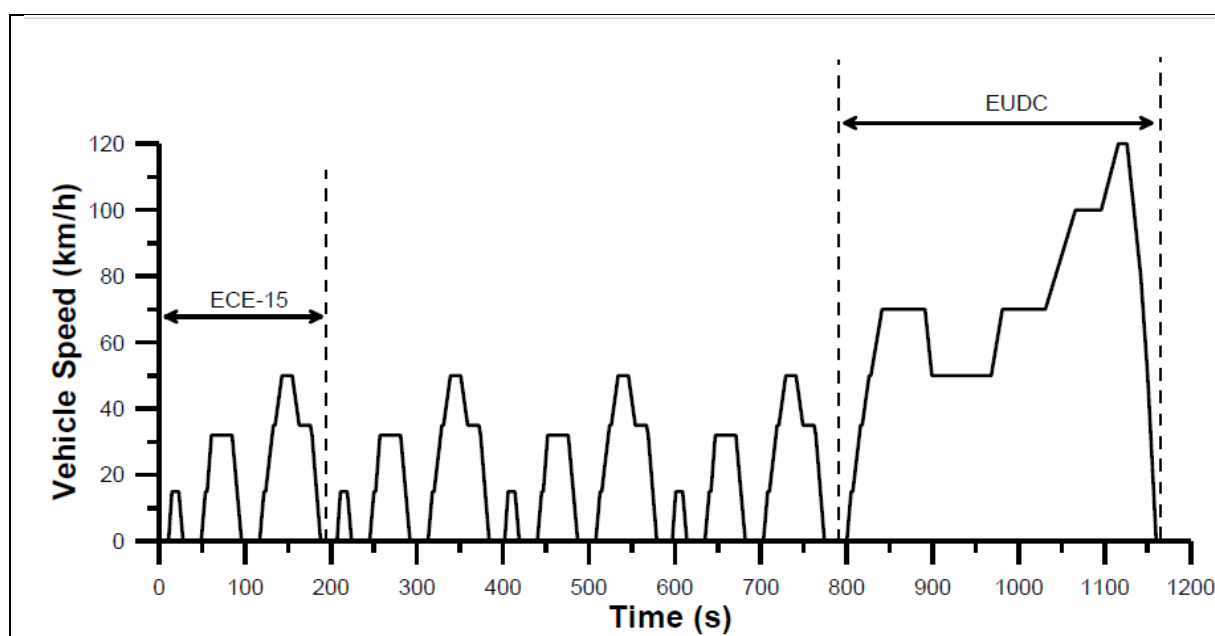
Το τμήμα του Κύκλου EUDC (Διάγραμμα 5.3) έχει προστεθεί μετά από το τέταρτο τμήμα του ECE για να αναπαραστήσει τους πιο “επιθετικούς” και με υψηλή ταχύτητα (προαστιακοί δρόμοι ή αυτοκινητόδρομοι) τρόπους οδήγησης. Το τμήμα αυτό διαρκεί 400 δευτερόλεπτα που αντιστοιχούν σε 6,955km. Η μέγιστη ταχύτητα του Κύκλου EUDC είναι 120 km/h και η μέση ταχύτητα αυτού 62,59km/h. Έχει οριστεί επίσης ένας εναλλακτικός Κύκλος EUDC για μικρότερης ισχύος (μέγιστης ισχύος μικρότερης από 30kW) οχήματα που έχει μέγιστη ταχύτητα 90 km/h.

Πριν τη δοκιμή, το όχημα παρέμενε για 6 ώρες σε χώρο με θερμοκρασία 20-30°C. Στη συνέχεια, εκκινείτο και λειτουργούσε σε “ρελαντί” για 40s. Ο Μεταβατικός Κύκλος ήταν γνωστός σαν ECE+EUDC ή MVEG-A. Από το έτος 2000, η περίοδος της άφορτης λειτουργίας έχει αφαιρεθεί, δηλαδή έχουμε ψυχρή εκκίνηση του κινητήρα και η διαδικασία δειγματοληψίας των εκπομπών αρχίζει αμέσως. Αυτή η τροποποιημένη διαδικασία ψυχρής εκκίνησης αναφέρεται ως Νέος Ευρωπαϊκός Κύκλος Οδήγησης (NEDC – New European Driving Cycle) και χρησιμοποιείται επίσης για τη μέτρηση των εκπομπών CO<sub>2</sub>. Οι εκπομπές μετρώνται κατά τη διάρκεια του κύκλου σύμφωνα με την τεχνική σταθερής δειγματοληψίας όγκου CVS. Αναλύονται και εκφράζονται σε g/km για κάθε έναν από τους σχετικούς ρύπους (Majewski, 2001) .

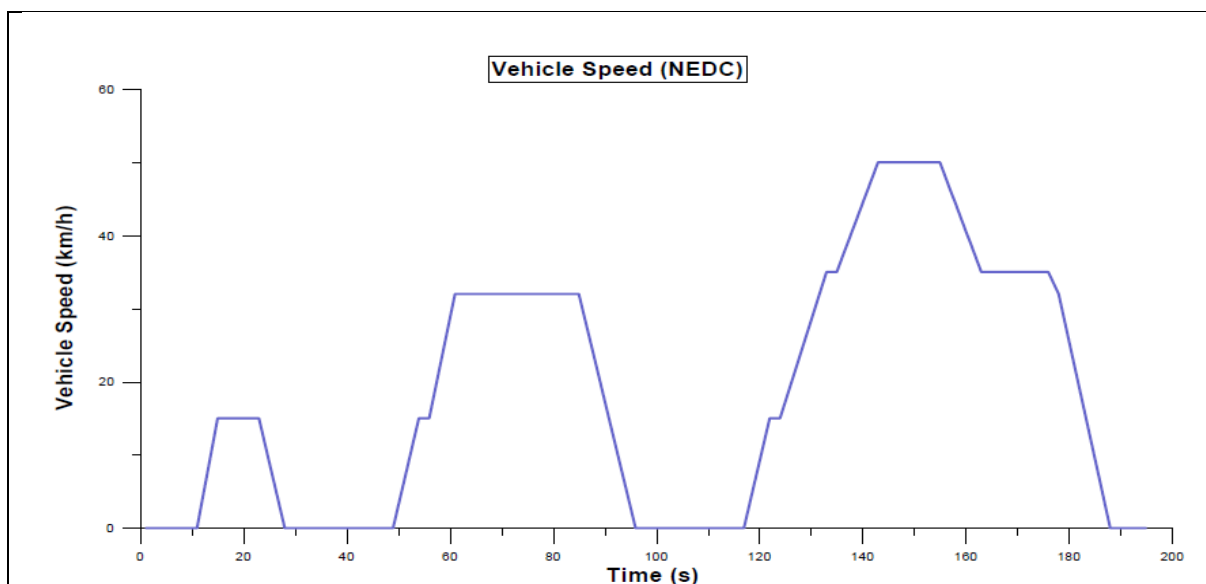
Τα χαρακτηριστικά του Νέου Ευρωπαϊκού Κύκλου Οδήγησης NEDC για Ελαφρού τύπου οχήματα συνοψίζονται στον Πίνακα 5.1.

|               | Απόσταση      | Διάρκεια  | Μέση Ταχύτητα | Μέγιστη Ταχύτητα | Ποσοστό Αφορτής Λειτουργίας |
|---------------|---------------|-----------|---------------|------------------|-----------------------------|
|               | km            | s         | km/h          | km/h             | %                           |
| <b>ECE-15</b> | 4x1.013=4.052 | 4x195=780 | 18.70         | 50               | 32.7                        |
| <b>EUDC</b>   | 6.955         | 400       | 62.59         | 120              | 10.3                        |
| <b>NEDC</b>   | 11.007        | 1180      | 33.58         | 120              | 25.1                        |

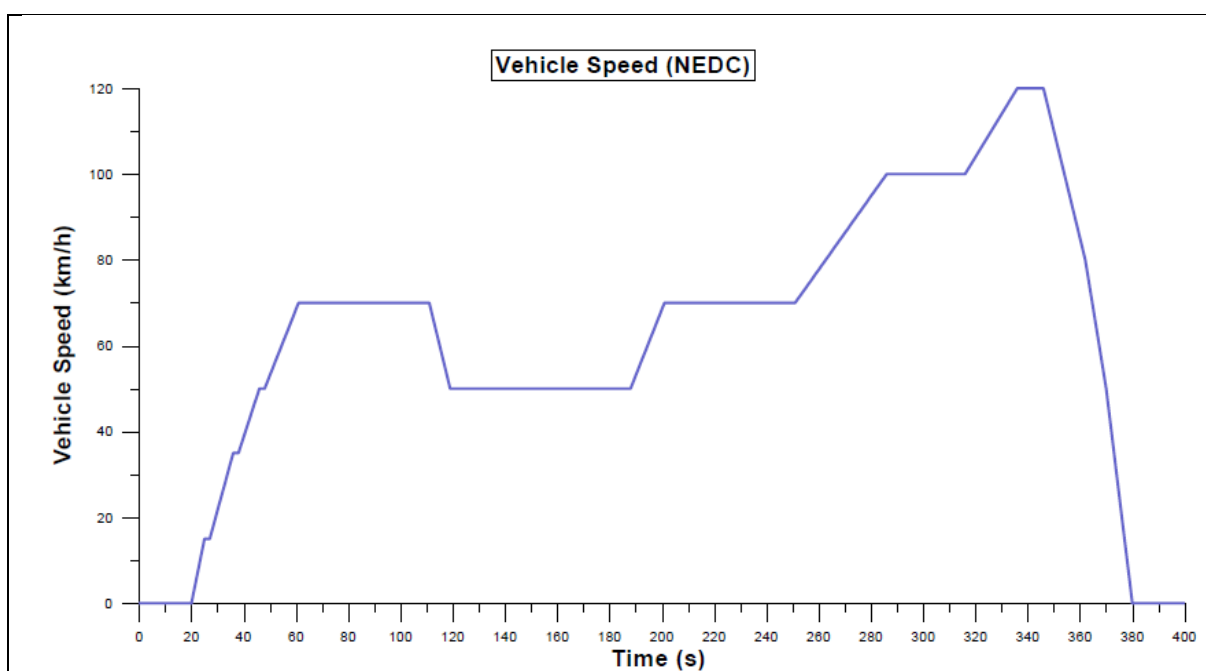
Πίνακας 5.1: Χαρακτηριστικά Κύκλου NEDC



Διάγραμμα 5.1: Νέου Ευρωπαϊκού Κύκλου Οδήγησης



Διάγραμμα 5.2: ECE-15 (Αστικός Κύκλος οδήγησης)



Διάγραμμα 5.3: EUDC (Κύκλος εκτός πόλης)

## 5.4 Διαδικασία Δοκιμών

Στην παρούσα ενότητα περιγράφονται οι μέθοδοι προσδιορισμού των εκπομπών αερίων και σωματιδίων από τα υπό δοκιμή οχήματα. Η δοκιμή διενεργείται με το όχημα τοποθετημένο σε δυναμόμετρο πλαισίων ενώ η μάζα του οχήματος που εξετάζεται σε αυτούς τους Κύκλους δεν πρέπει να ξεπερνά τους 3,5 τόνους.

Κατά τη διάρκεια της δοκιμής τα καυσαέρια της εξάτμισης αραιώνονται, αναλύονται και δείγμα τους συλλέγεται σε έναν ή περισσότερους σάκους ενώ ο συνολικός όγκος των καυσαερίων που αραιώνονται μετράται. Οι προς μέτρηση εκπομπές της εξάτμισης του κινητήρα περιλαμβάνουν αέριους ρύπους (CO, HC, NOx) καθώς και σωματιδιακές εκπομπές για τους κινητήρες Diesel (Αλαφούζος, 2009).

#### 5.4.1 Ανοχές

Μια ανοχή  $\pm 2\text{km/h}$  ανάμεσα στη πραγματική και τη θεωρητική τιμή της ταχύτητας του οχήματος είναι επιτρεπτή κατά τη φάση της επιτάχυνσης, της κίνησης υπό σταθερή ταχύτητα και της επιβράδυνσης όταν χρησιμοποιούνται τα φρένα του οχήματος. Ανοχές μεγαλύτερες από αυτές επιτρέπονται μόνο κατά την αλλαγή φάσεων και με την προϋπόθεση ότι η διάρκεια που ξεπερνιούνται αυτά τα όρια δεν είναι μεγαλύτερη από 0,5 δευτερόλεπτα σε κάθε περίπτωση.

Η ανοχή στο χρόνο είναι  $\pm 1\text{sec}$  και είναι αποδεκτή μόνο:

1. κατά την αρχή και το τέλος της αλλαγής σχέσης στο κιβώτιο ταχυτήτων για τον Κύκλο ECE-15
2. κατά τις λειτουργίες 3,5 και 7 του Κύκλου – EUDC.

Οι σάκοι συλλογής των καυσαερίων πρέπει να είναι φτιαγμένοι από κατάλληλο υλικό ώστε μετά από 20 λεπτά αποθήκευσης, η μεταβολή στους ρύπους των καυσαερίων να μην είναι μεγαλύτερη από  $\pm 2\%$

#### 5.4.2 Χρήση του κιβωτίου ταχυτήτων

Αν η μέγιστη ταχύτητα οχήματος που μπορεί να επιτευχθεί με την πρώτη (1<sup>η</sup>) σχέση στο κιβώτιο ταχυτήτων είναι χαμηλότερη από 15km/h τότε η 2η, η 3η και η 4η σχέση χρησιμοποιούνται στον Κύκλο πόλης και η 2η, η 3η, η 4η και η 5η σχέση χρησιμοποιούνται στον Κύκλο εκτός πόλης.

Για τα οχήματα με λόγω Μέγιστης ισχύος/Μάζα οχήματος χαμηλότερο ή ίσο με 40kW / τόνο και μέγιστη ταχύτητα μικρότερη από 130 km/h, η μέγιστη ταχύτητα του κομματιού EUDC πρέπει να περιοριστεί στα 90 km/h. (underpowered vehicles).

Τα οχήματα με ημιαυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων δοκιμάζονται χρησιμοποιώντας τις σχέσεις στο κιβώτιο που συνήθως χρησιμοποιούνται κατά την οδήγηση, ενώ οι αλλαγές στις σχέσεις του κιβωτίου γίνονται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Τα οχήματα με αυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων δοκιμάζονται με δεσμευμένη την υψηλότερη σχέση στο κιβώτιο. Ο επιταχυντής του δυναμομέτρου πρέπει να χρησιμοποιείται με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται όσο το δυνατόν σταθερότερη επιτάχυνση η οποία θα επιτρέπει την ομαλότερη αλλαγή στις σχέσεις του κιβωτίου.

#### 5.4.3 Όχημα και καύσιμα

Το όχημα πρέπει να παρουσιαστεί στη δοκιμή σε καλή μηχανική κατάσταση, ενώ πρέπει να έχει διανύσει τουλάχιστον 3000km πριν τη δοκιμή. Το όχημα πρέπει να βρίσκεται σε οριζόντια θέση για να αποφευχθεί αφύσικη διανομή του καυσίμου. Οι συσκευές μετά την εξαγωγή από τον κινητήρα δεν

πρέπει να παρουσιάζουν καμία διαρροή, η οποία είναι πιθανό να μειώσει την ποσότητα των καυσαερίων που συλλέγονται. Η στεγανότητα του συστήματος αναρρόφησης πρέπει να ελέγχεται προκειμένου να μην υπάρχει αλλοίωση της ανάμιξης αέρα – καυσίμου. Το όχημα συνδέεται με μια συσκευή που επιτρέπει τη μέτρηση χαρακτηριστικών παραμέτρων που είναι αναγκαία για τη ρύθμιση του δυναμομέτρου οχημάτων (Martini et al., 2013).

Οι προδιαγραφές των καυσίμων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά τη δοκιμή φαίνονται στους Πίνακες 5.2 και 5.3.

| Typ: premium petrol, unleaded. |                                     |             |                              |
|--------------------------------|-------------------------------------|-------------|------------------------------|
|                                | Limits and units                    |             | ASTM method                  |
|                                | minimum                             | maximum     |                              |
| Research octane number         | 95,0                                |             | D 2699                       |
| Motor octane number            | 85,0                                |             | D 2700                       |
| Density at 15 °C               | 0,748                               | 0,762       | D 1298                       |
| Reid vapour pressure           | 0,56 bar                            | 0,64 bar    | D 323                        |
| Distillation (2)               |                                     |             |                              |
| — initial boiling point        | 24 °C                               | 40 °C       | D 86                         |
| — 10 % vol point               | 42 °C                               | 58 °C       |                              |
| — 50 % vol point               | 90 °C                               | 110 °C      |                              |
| — 90 % vol point               | 155 °C                              | 180 °C      |                              |
| — final boiling point          | 190 °C                              | 215 °C      |                              |
| Residue                        |                                     | 2 %         | D 86                         |
| Hydrocarbon analysis:          |                                     |             |                              |
| — olefins                      |                                     | 20 % vol    | D 1319                       |
| — aromatics                    | (Including max.<br>5 % vol benzene) | 45 vol      | D 3606/D 2267 <sup>(1)</sup> |
| — saturates                    | balance                             |             | D 1319                       |
| Carbon/hydrogen ratio          |                                     | ratio       |                              |
| Oxidation stability            | 480 min                             |             | D 525                        |
| Existent gum                   |                                     | 4 mg/100 ml | D 381                        |
| Sulphur content                |                                     | 0,04 % mass | D 1266/D 2622/<br>D 2785     |
| Copper corrosion at 50 °C      |                                     | 1           | D 130                        |
| Lead content                   |                                     | 0,005 g/l   | D 3237                       |
| Phosphorus content             |                                     | 0,0013 g/l  | D 3231                       |

<sup>(1)</sup> Addition of oxygenates prohibited.

Πίνακας 5.2: Προδιαγραφές καυσίμων για κινητήρες Otto



| Type: diesel fuel                   |  |                         |
|-------------------------------------|--|-------------------------|
|                                     | Limits and units   | ASTM method             |
| Cetane number (4)                   | min. 49<br>max. 53   | D 613                   |
| Density at 15 °C (kg/l)             | min. 0,835<br>max. 0,845                                   | D 1298                  |
| Distillation (2)                    |  | D 86                    |
| — 50 % point                        | min. 245 °C  |                         |
| — 90 % point                        | min. 320 °C<br>max. 340 °C                                 |                         |
| — final boiling point               | max. 370 °C  |                         |
| Flash point                         | min. 55 °C   | D 93                    |
| CFPP                                | min. —<br>max. -5 °C                                       | EN 116 (CEN)            |
| Viscosity 40 °C                     | min. 2,5 mm <sup>2</sup> /S<br>max. 3,5 mm <sup>2</sup> /s | D 445                   |
| Sulphur content                     | min. (to be reported)<br>max. 0,3 % mass                   | D 1266/D 2622<br>D 2785 |
| Copper corrosion                    | max. 1   | D 130                   |
| Conradson carbon residue (10 % DR)  | max. 0,2 % mass  | D 189                   |
| Ash content                         | max. 0,01 % mass   | D 482                   |
| Water content                       | max. 0,05 % mass   | 95/D 1744               |
| Neutralization (strong acid) number | max. 0,20 mg KOH/g   |                         |
| Oxidation stability (6)             | max. 2,5 mg/100 ml   | D 2274                  |
| Additives (5)                       |  |                         |

Πίνακας 5.3: Προδιαγραφές καυσίμων για κινητήρες Diesel

#### 5.4.4 Σύστημα Δειγματοληψίας Καυσαερίων και Εξοπλισμός

Το σύστημα δειγματοληψίας πρέπει να είναι τέτοιο, ώστε να μπορεί να μετρήσει τις πραγματικές ποσότητες ρύπων που περιέχονται στα καυσαέρια της εξαγωγής. Επιπλέον, η σχεδίαση του πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να μετρά τη μέση συγκέντρωση (κατ. όγκον) CO, CO<sub>2</sub>, HC, NO<sub>x</sub> και σωματιδίων (στην περίπτωση Diesel κινητήρων) κατά τη διάρκεια του Κύκλου οδήγησης. Η διαδικασία μέτρησης των καυσαερίων που χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια του NEDC είναι η τεχνική της δειγματοληψίας σταθερού όγκου CVS (Constant Volume Sampling).

Οι αέριοι ρύποι αναλύονται με τα ακόλουθα όργανα:

- Για την ανάλυση Μονοξειδίου του Άνθρακα (CO) και Διοξειδίου του Άνθρακα (CO<sub>2</sub>) χρησιμοποιείται Αναλυτής Επιλεκτικής Απορρόφησης Υπέρυθρης Ακτινοβολίας (NDIR – Non Dispersive Infrared Analyser) ο οποίος λειτουργεί βάσει της αρχής της επιλεκτικής απορρόφησης της υπέρυθρης ακτινοβολίας.

- Για την ανάλυση των υδρογονανθράκων (HC) σε κινητήρες Otto χρησιμοποιείται Αναλυτής Ανιχνεύσεως Ιονισμού Φλόγας (FID – Flame Ionization Detector) η βαθμονόμηση του οποίου γίνεται με αέριο προπάνιο (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>). Στην περίπτωση των κινητήρων Diesel ο αναλυτής πρέπει να είναι θερμαινόμενος και συγκεκριμένα να θερμαίνεται στους 190±100C (HFID).
- Για την ανάλυση των οξειδίων του Αζώτου (NO<sub>x</sub>) χρησιμοποιείται Αναλυτής Χημικοφωταύγειας (CLA – Chemiluminescence Analyser) ο οποίος πρέπει να έχει μονάδα μετατροπής NO<sub>x</sub> σε NO.

Τα αέρια που συγκεντρώνονται στους σάκους πρέπει να αναλύονται όσο το δυνατόν συντομότερα και οπωσδήποτε εντός 20 λεπτών από το τέλος του Κύκλου.

Ακόμα, ο προσδιορισμός των σωματιδίων απαιτεί σύστημα αραίωσης. Πιο αναλυτικά, η αραίωση μπορεί να επιτελείται με σύστημα αραίωσης μερικής ροής ή πλήρους ροής. Η ικανότητα ροής του συστήματος αραίωσης είναι αρκετά μεγάλη, ώστε να αποκλείει τελείως τη συμπύκνωση υδρατμών στα συστήματα αραίωσης και δειγματοληψίας και να διατηρεί τη θερμοκρασία των αραιωμένων καυσαερίων στους 325 K (52°C) ή χαμηλότερα, ακριβώς πάνω στην υποδοχή των φίλτρων. Επιτρέπεται η αφύγρανση του αέρα αραίωσης πριν από την είσοδό του στο σύστημα αραίωσης, είναι μάλιστα εξαιρετικά χρήσιμη στην περίπτωση υψηλής υγρασίας του αέρα αραίωσης. Η θερμοκρασία του αέρα αραίωσης πρέπει να είναι 298K ± 5 K (25°C ±5°C). Εάν η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι χαμηλότερη από 293K (20°C), συνιστάται η προθέρμανση του αέρα αραίωσης πάνω από το ανώτατο όριο θερμοκρασίας των 303K (30°C). Παρά ταύτα, η θερμοκρασία του αέρα αραίωσης δεν πρέπει να υπερβαίνει τους 325K (52°C) πριν από την είσοδο των καυσαερίων στη σήραγγα αραίωσης.

Το σύστημα αραίωσης μερικής ροής σχεδιάζεται με τρόπο ώστε το ρεύμα των καυσαερίων να χωρίζεται σε δύο μέρη, το μικρότερο από τα οποία αραιώνεται με αέρα και στη συνέχεια χρησιμοποιείται για τη μέτρηση των σωματιδίων. Για το λόγο αυτό, είναι απαραίτητο να προσδιορίζεται ο δείκτης αραίωσης με μεγάλη ακρίβεια. Μπορούν να εφαρμόζονται διαφορετικές μέθοδοι διαχωρισμού, οπότε ο τύπος διαχωρισμού που χρησιμοποιείται υπαγορεύει σε μεγάλο βαθμό τον υλικό εξοπλισμό και τις διαδικασίες δειγματοληψίας που θα χρησιμοποιηθούν. Ο καθετήρας δειγματοληψίας σωματιδίων τοποθετείται σε άμεση γειτνίαση με τον καθετήρα δειγματοληψίας των αερίων εκπομπών (Weiss et al., 2011).

Για τον προσδιορισμό της μάζας των σωματιδίων απαιτούνται σύστημα δειγματοληψίας σωματιδίων, φίλτρα δειγματοληψίας σωματιδίων, ζυγός μικρογραμμαρίων και θάλαμος ζύγισης με ελεγχόμενη θερμοκρασία και υγρασία. Τα φίλτρα σωματιδίων πρέπει να μεταφερθούν στον ειδικό θάλαμο εντός μίας ώρας από την ολοκλήρωση του ελέγχου των αερίων εκπομπών όπου πρέπει να παραμείνουν για 2 με 36 ώρες και μετά να ζυγιστούν.

Για τη δειγματοληψία των σωματιδίων, εφαρμόζεται η μέθοδος απλής διήθησης, κατά την οποία χρησιμοποιείται ζεύγος φίλτρων για ολόκληρο τον Κύκλο δοκιμής.

Σημειώνεται ότι όλοι οι παραπάνω αναλυτές πρέπει να βαθμονομούνται όταν κρίνεται απαραίτητο και οπωσδήποτε μια φορά κάθε μήνα. Η μέγιστη απόκλιση που επιτρέπεται ανάμεσα στην ποσότητα των καυσαερίων που εισάγονται στους αναλυτές και στην ποσότητα που αυτοί μετρούν είναι 5%.

Χρησιμοποιούνται όργανα για τη μέτρηση της κατανάλωσης καυσίμου, της κατανάλωσης αέρα, της θερμοκρασίας ψυκτικού μέσου και λιπαντικού, της πίεσης των καυσαερίων και αντίθλιψης της πολλαπλής εισαγωγής, της θερμοκρασίας των καυσαερίων, της θερμοκρασίας του αναρροφώμενου αέρα, ατμοσφαιρικής πίεσης, της υγρασίας και της θερμοκρασίας καυσίμου ανάλογα με τις απαιτήσεις (EC, 2009).

Τα όργανα αυτά πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις που απαριθμούνται στον κατωτέρω πίνακα :

| Όργανο μέτρησης             | Ακρίβεια                        |
|-----------------------------|---------------------------------|
| Κατανάλωση καυσίμου         | ±2% της μέγιστης τιμής κινητήρα |
| Κατανάλωση αέρα             | ±2% της μέγιστης τιμής κινητήρα |
| Θερμοκρασίες < 600K (327°C) | ± 2 K απόλυτη τιμή              |
| Θερμοκρασίες >600K (327°C)  | ± 1 % της ένδειξης              |
| Ατμοσφαιρική πίεση          | ± 0,1 kPa απόλυτη τιμή          |
| Πίεση των καυσαερίων        | ± 0,2 kPa απόλυτη τιμή          |
| Αντίθλιψη αναρρόφησης       | ±0,05 kPa απόλυτη τιμή          |
| Λοιπές Πιέσεις              | ± 0,1 kPa απόλυτη τιμή          |
| Σχετική υγρασία             | ± 3 % απόλυτη τιμή              |
| Απόλυτη υγρασία             | ± 5 % της ένδειξης              |

Πίνακας 5.4: Ακρίβεια των οργάνων μέτρησης

## 5.5 Εκτέλεση του Κύκλου Δοκιμής

Κατά την εκτέλεση του Κύκλου η θερμοκρασία στο χώρο δοκιμής πρέπει να ναι μεταξύ 293K και 303K (200C και 300C) και η απόλυτη υγρασία H του αέρα που εισέρχεται στον κινητήρα πρέπει να ναι  $5,5 \leq H \leq 12,5$  g νερού/ kg ξηρού αέρα.

Η δοκιμή εκτελείται ακολουθώντας ένα προκαθορισμένο πρότυπο Κύκλο. Σε όλη τη διάρκεια του Κύκλου NEDC είναι καθορισμένη η ταχύτητα που πρέπει να έχει το όχημα καθώς και η σχέση που πρέπει να υπάρχει στο κιβώτιο ταχυτήτων του οχήματος σε κάθε δευτερόλεπτο. Κατά τη διάρκεια της δοκιμής καταγράφεται η ταχύτητα του οχήματος συναρτήσει του χρόνου προκειμένου να ελεγχθεί αν ακολουθήθηκε ο πρότυπος Κύκλος. Ο Κύκλος ECE-15 αποτελείται από 15 φάσεις ενώ ο EUDC από 13 φάσεις, οι οποίες περιλαμβάνουν:

- Αφορτη λειτουργία
- Επιταχύνσεις
- Κίνηση με σταθερή ταχύτητα οχήματος
- Επιβραδύνσεις
- Αλλαγές σχέσεων στο κιβώτιο ταχυτήτων

Στη συνέχεια δίνονται πίνακες και διαγράμματα για τα δύο κομμάτια του Κύκλου (ECE-15 και EUDC) στους οποίους φαίνονται αναλυτικά για κάθε φάση του Κύκλου:

- Η επιτάχυνση του οχήματος
- Η ταχύτητα του οχήματος
- Ο χρόνος που διαρκεί κάθε φάση
- Η σχέση που πρέπει να υπάρχει στο κιβώτιο ταχυτήτων του οχήματος σε κάθε φάση (στην περίπτωση μη-αυτόματου κιβωτίου)

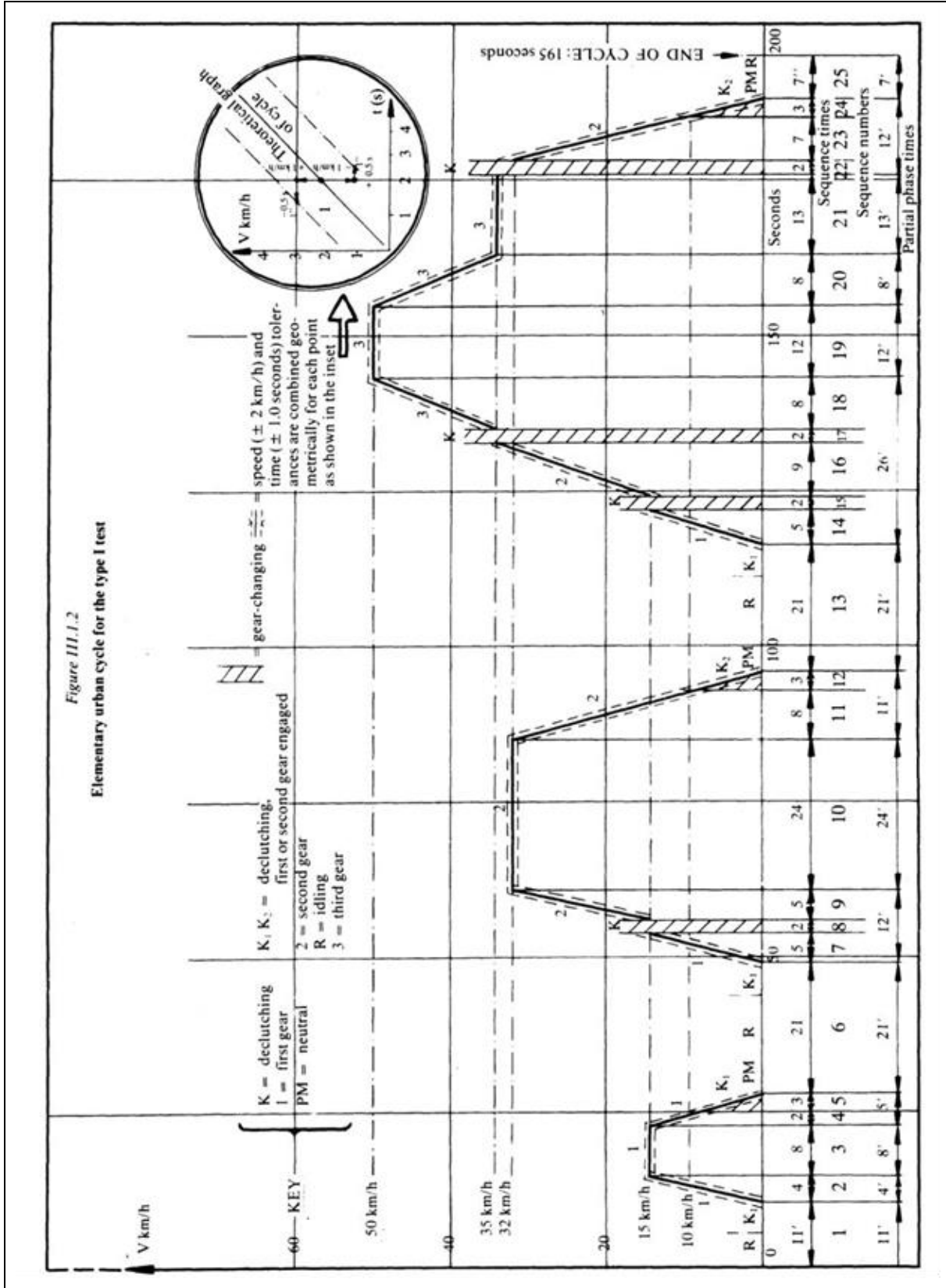
Κύκλος ECE-15

**Operating cycle on the chassis dynamometer (Part One)**

| No of operation | Operation                       | Phase | Acceleration (m/s <sup>2</sup> ) | Speed (km/h) | Duration of each |           | Cumulative time (s) | Gear to be used in the case of a manual gearbox |                                  |
|-----------------|---------------------------------|-------|----------------------------------|--------------|------------------|-----------|---------------------|---|----------------------------------|
|                 |                                 |       |                                  |              | Operation (s)    | Phase (s) |                     |   |                                  |
| 1               | Idling                          | 1     |                                  |              | 11               | 11        | 11                  | 6 s PM + 5 s K <sub>1</sub> (*)                 |                                  |
| 2               | Acceleration                    | 2     | 1,04                             | 0-15         | 4                | 4         | 15                  |   |                                  |
| 3               | Steady speed                    | 3     |                                  | 15           | 9                | 8         | 23                  |   |                                  |
| 4               | Deceleration                    | 4     | -0,69                            | 15-10        | 2                |           | 25                  |   |                                  |
| 5               | Deceleration, clutch disengaged | 5     | -0,92                            | 10-0         | 3                | 5         | 28                  |   |                                  |
| 6               | Idling                          | 6     |                                  | 0-15         | 21               | 21        | 49                  |   | K <sub>1</sub> (*)               |
| 7               | Acceleration                    | 7     | 0,83                             | 0-15         | 5                |           | 54                  |   | 16 s PM + 5 s K <sub>1</sub> (*) |
| 8               | Gear change                     | 8     | 0,94                             | 15-32        | 2                | 12        | 56                  |   |                                  |
| 9               | Acceleration                    | 9     | 0,94                             | 32           | 5                |           | 61                  |   |                                  |
| 10              | Steady speed                    | 10    |                                  | 32-10        | 24               | 24        | 85                  |   |                                  |
| 11              | Deceleration                    | 11    | -0,75                            | 32-10        | 8                |           | 93                  |   |                                  |
| 12              | Deceleration, clutch disengaged | 12    | -0,92                            | 10-0         | 3                | 11        | 96                  |   | K <sub>2</sub> (*)               |
| 13              | Idling                          | 13    |                                  | 0-15         | 21               | 21        | 117                 |   | 16 s PM + 5 s K <sub>1</sub> (*) |
| 14              | Acceleration                    | 14    | 0-15                             | 0-15         | 5                |           | 122                 |   |                                  |
| 15              | Gear change                     | 15    | 0,62                             | 15-35        | 2                | 26        | 124                 |   |                                  |
| 16              | Acceleration                    | 16    | 0,62                             | 35-50        | 9                |           | 133                 |   |                                  |
| 17              | Gear change                     | 17    | 0,52                             | 50           | 2                | 3         | 135                 |   |                                  |
| 18              | Acceleration                    | 18    | 0,52                             | 50-35        | 8                |           | 143                 |   |                                  |
| 19              | Steady speed                    | 19    |                                  | 35           | 12               | 12        | 155                 |   |                                  |
| 20              | Deceleration                    | 20    | -0,52                            | 35-10        | 8                | 8         | 163                 |   |                                  |
| 21              | Steady speed                    | 21    |                                  | 32-10        | 13               | 13        | 176                 |   |                                  |
| 22              | Gear change                     | 22    | -0,86                            | 10-0         | 2                |           | 178                 |   |                                  |
| 23              | Deceleration                    | 23    | -0,92                            | 10-0         | 7                | 12        | 185                 |   |                                  |
| 24              | Deceleration, clutch disengaged | 24    |                                  |              | 3                |           | 188                 |   | K <sub>2</sub> (*)               |
| 25              | Idling                          | 25    |                                  |              | 7                | 7         | 195                 |   | 7 s PM (*)                       |

(\*) PM = gearbox in neutral, clutch engaged.  
K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub> = first or second gear engaged, clutch disengaged.

Κύκλος ECE-15



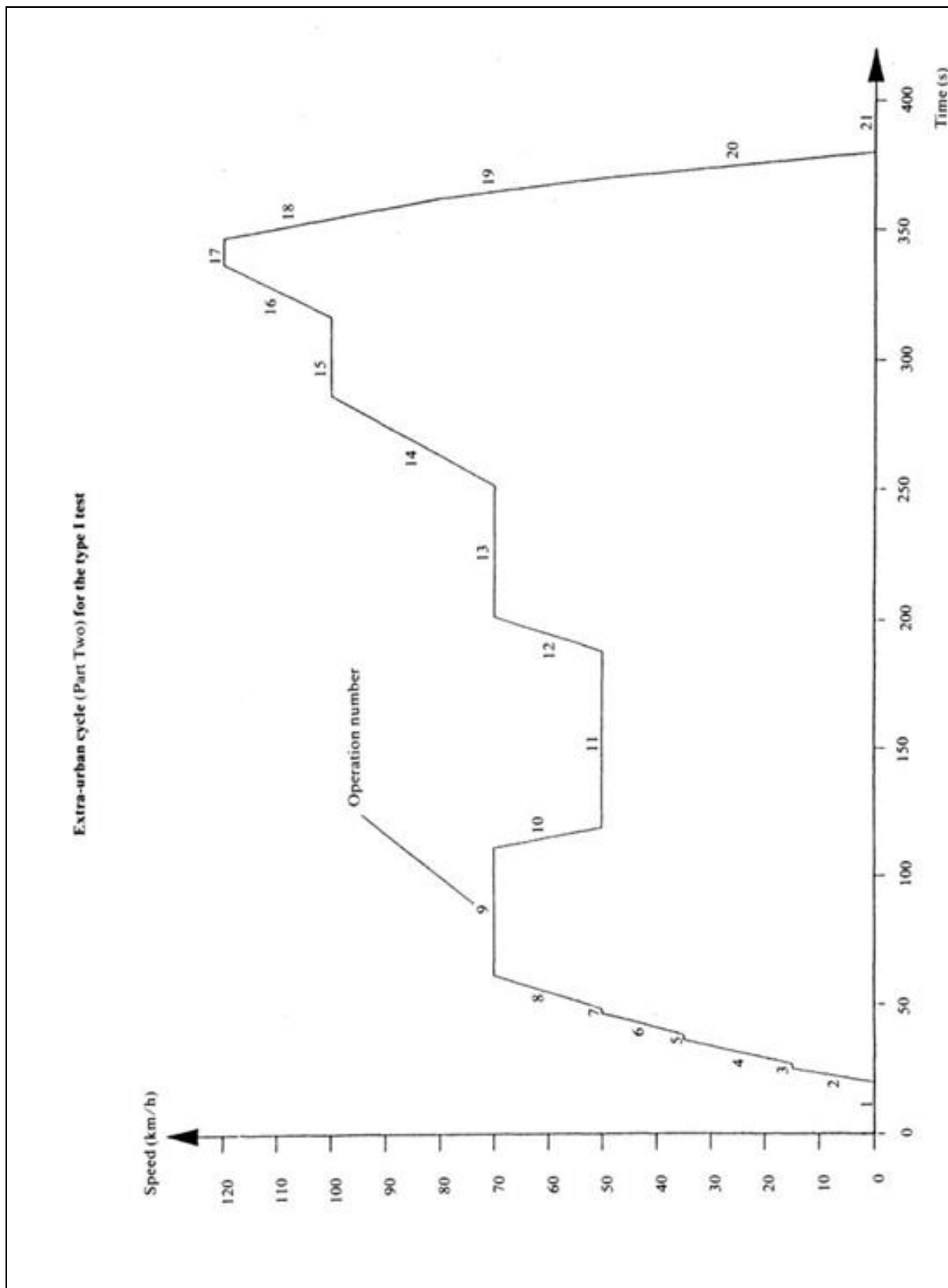
Κύκλος EUDC

**Extra-urban cycle (Part Two) for the type I test**

| No of operation | Operation                       | Phase | Acceleration (m/s <sup>2</sup> ) | Speed (km/h) | Duration of each |           | Cumulative time (s) | Gear to be used in the case of a manual gearbox |        |
|-----------------|---------------------------------|-------|----------------------------------|--------------|------------------|-----------|---------------------|---|--------|
|                 |                                 |       |                                  |              | Operation (s)    | Phase (s) |                     |   |        |
| 1               | Idling                          | 1     |                                  |              | 20               | 20        | 20                  | K <sub>1</sub> (*)                              |        |
| 2               | Acceleration                    | 2     | 0,83                             | 0-15         | 5                | 41        | 25                  | 1   |        |
| 3               | Gear change                     |       | 2                                |              |                  |           | 27                  | -   |        |
| 4               | Acceleration                    |       | 9                                | 0,62         | 15-35            |           | 36                  | 2   | 2      |
| 5               | Gear change                     | 3     | 0,52                             | 35-30        | 2                | 50        | 38                  | -   |        |
| 6               | Acceleration                    |       | 8                                | 0,43         | 50-70            |           | 46                  | 3   | 3      |
| 7               | Gear change                     |       | 2                                |              |                  |           | 48                  | -   |        |
| 8               | Acceleration                    | 4     | 0,43                             | 50-70        | 13               | 69        | 61                  | 4   |        |
| 9               | Steady speed                    |       | 50                               |              |                  |           | 111                 | 5   | 4      |
| 10              | Deceleration                    |       | 8                                | -0,69        | 70-50            |           | 119                 | 4s,5 + 4s,4                                     | 5      |
| 11              | Steady speed                    | 5     | 0,43                             | 50-70        | 69               | 133       | 188                 | 4   |        |
| 12              | Acceleration                    |       | 13                               | 0,43         | 50-70            |           | 201                 | 4   | 4      |
| 13              | Steady speed                    |       | 50                               |              |                  |           | 251                 | 5   | 5      |
| 14              | Acceleration                    | 6     | 0,24                             | 70-100       | 35               | 100       | 286                 | 5   |        |
| 15              | Steady speed                    |       | 100                              |              |                  |           | 316                 | 5 (**)  | 5 (**) |
| 16              | Acceleration                    |       | 20                               | 0,28         | 100-120          |           | 336                 | 5 (**)  | 5 (**) |
| 17              | Steady speed                    | 7     | -0,69                            | 120-80       | 10               | 110       | 346                 | 5 (**)  |        |
| 18              | Deceleration                    |       | 16                               | -1,04        | 80-50            |           | 362                 | 5 (**)  | 5 (**) |
| 19              | Deceleration                    |       | 8                                |              |                  |           | 370                 | 5 (**)  | 5 (**) |
| 20              | Deceleration, clutch disengaged | 12    |                                  |              |                  | 34        |                     |   |        |
| 21              | Idle                            | 13    | -1,39                            | 50-0         | 10               | 20        | 380                 | K <sub>5</sub> (*)                              |        |
|                 |                                 |       |                                  |              | 20               |           | 400                 | PM (*)  |        |

(\*) PM = gearbox in neutral, clutch engaged.  
First or fifth gear engaged, clutch disengaged.  
(\*\*) Additional gears can be used according to manufacturer recommendations if the vehicle is equipped with a transmission with more than five gears.

Κύκλος EUDC



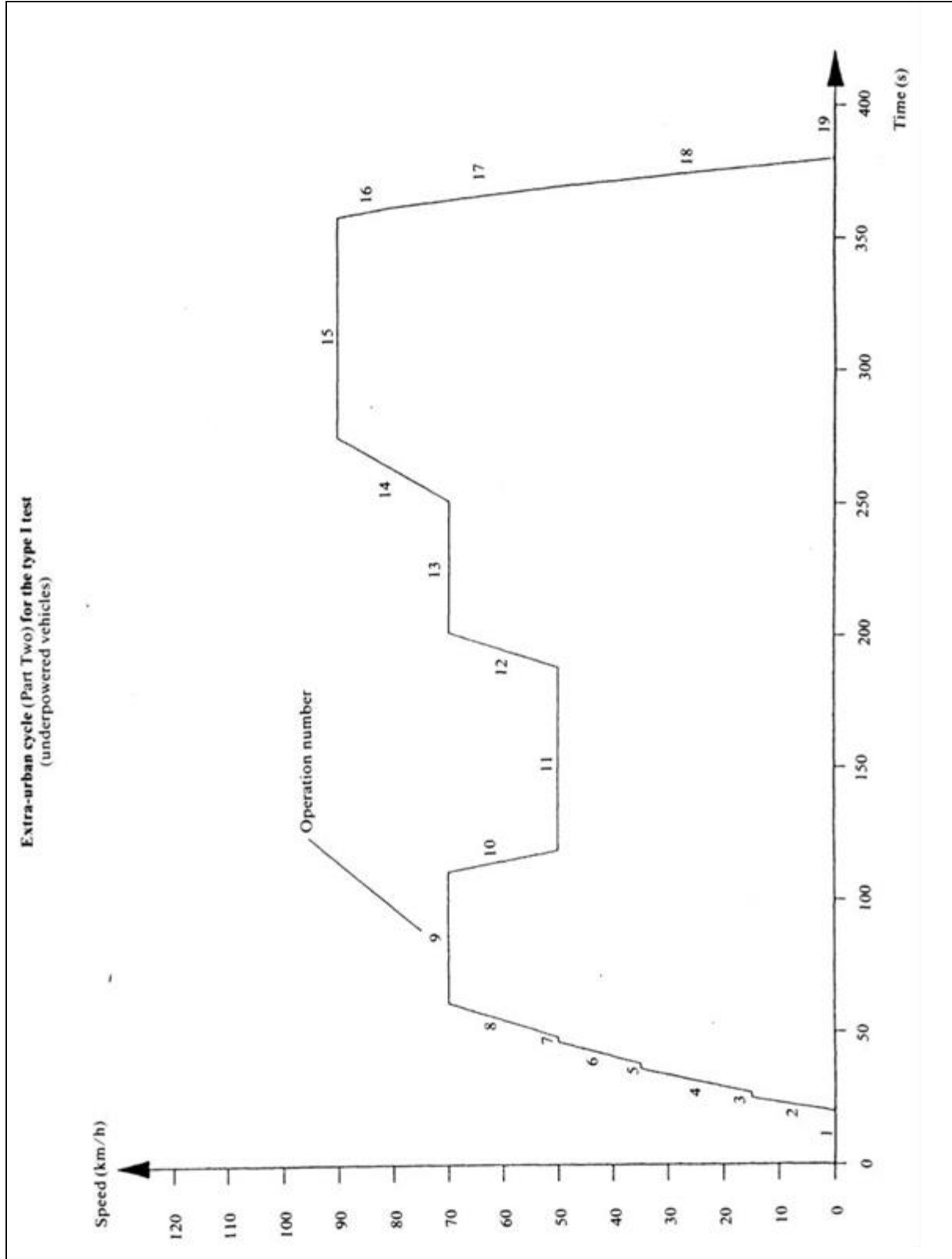


Κύκλος EUDC για οχήματα μικρής ισχύος (underpowered vehicles)

| Extra-urban cycle (underpowered) for the type I test |              |       |                                  |              |                  |           |                     |   |  |
|--|--------------|-------|----------------------------------|--------------|------------------|-----------|---------------------|---|--|
| No of operation                                      | Operation    | Phase | Acceleration (m/s <sup>2</sup> ) | Speed (km/h) | Duration of each |           | Cumulative time (s) | Gear to be used in the case of a manual gearbox |  |
|  |              |       |                                  |              | Operation (s)    | Phase (s) |                     |   |  |
| 1  | Idling       | 1     |                                  |              | 20               | 20        | 20                  | K <sub>1</sub> (*)                              |  |
| 2  | Acceleration |       | 0,83                             | 0-15         | 5                |           | 25                  | 1   |  |
| 3  | Gear change  |       |                                  |              | 2                |           | 27                  | -   |  |
| 4  | Acceleration |       | 0,62                             | 15-35        | 9                |           | 36                  | 2   |  |
| 5  | Gear change  | 2     |                                  |              | 2                | 41        | 38                  | -   |  |
| 6  | Acceleration |       | 0,52                             | 35-30        | 8                |           | 46                  | 3   |  |
| 7  | Gear change  |       |                                  |              | 2                |           | 48                  | -   |  |
| 8  | Acceleration |       | 0,43                             | 50-70        | 13               |           | 61                  | 4   |  |
| 9  | Steady speed | 3     |                                  |              | 50               |           | 111                 | 5   |  |
| 10   | Deceleration | 4     | -0,69                            | 70-50        | 8                |           | 119                 | 4 s, 5 + 4 s, 4                                 |  |
| 11   | Steady speed | 5     |                                  |              | 69               |           | 188                 | 4   |  |
| 12   | Acceleration | 6     | 0,43                             | 50-70        | 13               |           | 201                 | 4   |  |
| 13   | Steady speed | 7     |                                  |              | 50               |           | 251                 | 5   |  |
| 14   | Acceleration | 8     | 0,24                             | 70-90        | 24               |           | 275                 | 5   |  |
| 15   | Steady speed | 9     |                                  |              | 83               |           | 358                 | 5   |  |
| 16   | Deceleration |       | -0,69                            | 90-80        | 4                |           | 362                 | 5   |  |
| 17   | Deceleration | 10    | -1,04                            | 80-50        | 8                |           | 370                 | 5   |  |
| 18   | Deceleration |       | -1,39                            | 50-00        | 10               |           | 380                 | K <sub>5</sub> (*)                              |  |
| 19   | Idle         | 11    |                                  |              | 20               |           | 400                 | PM (*)  |  |

(\*) PM = gearbox in neutral, clutch engaged.  
K<sub>1</sub>, K<sub>5</sub>: first or fifth gear engaged, clutch disengaged.

Κύκλος EUDC για οχήματα μικρής ισχύος (underpowered vehicles)



## 5.6 Υπολογισμός των Εκπομπών Αερίων

Οι εκπομπές αερίων ρύπων υπολογίζονται από την εξίσωση:

$$M_i = \frac{V_{\text{mix}} \cdot Q_i \cdot k_H \cdot C_i \cdot 10^{-6}}{d}$$

Όπου:

- $M_i$ : Η μάζα των εκπομπών του ρύπου εκφρασμένη σε g/km
- $V_{\text{mix}}$ : Ο όγκος των αραιωμένων καυσαερίων εκφρασμένος σε lt/δοκιμή και ανοιγμένος σε τυπικές συνθήκες περιβάλλοντος (273,2K και 101,33kPa)
- $Q_i$ : Η πυκνότητα του ρύπου εκφρασμένη σε g/lt, σε τυπικές συνθήκες περιβάλλοντος (273,2K και 101,33kPa)
- $k_H$ : Συντελεστής διόρθωσης υγρασίας που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των οξειδίων του αζώτου ( $k_H=1$  για υπολογισμό HC, CO)
- $C_i$ : Η συγκέντρωση του ρύπου  $i$  στα αραιωμένα καυσαέρια εκφρασμένη σε ppm και διορθωμένη από την ποσότητα του ρύπου  $i$  που ήδη περιέχεται στον αέρα που χρησιμοποιείται για την αραιώση
- $d$ : Η απόσταση σε km του Κύκλου δοκιμής

### Πυκνότητες Αερίων

Σε τυπικές συνθήκες περιβάλλοντος (273,2K και 101,33kPa) η πυκνότητα των αερίων είναι:

- Για το μονοξείδιο του άνθρακα (CO)  $Q = 1,25$  g/lt
- Για τους υδρογονάνθρακες (HC)  $Q = 0,619$  g/lt
- Για τα οξείδια του αζώτου (NO)  $Q = 2,05$  g/lt

### Προσδιορισμός Όγκου Καυσαερίων

Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται συσκευή μεταβλητής ποσότητας αραιώσης με συνεχή έλεγχο της ροής είτε από το στόμιο είτε από το σωλήνα venturi πρέπει να καταγράφονται συνεχώς οι παράμετροι που δείχνουν την ογκομετρική ροή και να υπολογίζεται ο συνολικός όγκος σε όλη τη διάρκεια του Κύκλου.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται αντλία θετικής εκτόπισης (PDP) ο όγκος των καυσαερίων υπολογίζεται από τη σχέση:

$$V = V_0 \cdot N$$

Όπου:

- $V$ : Ο όγκος των αραιωμένων καυσαερίων σε lt/δοκιμή (πριν τη διόρθωση)

- $V_0$ : Ο όγκος των καυσαερίων που περνάει διαμέσου της αντλίας στις συνθήκες δοκιμής σε lt/περιστροφή της αντλίας
- $N$ : Ο αριθμός των περιστροφών ανά δοκιμή

Η αναγωγή του όγκου των αραιωμένων καυσαερίων σε συνθήκες περιβάλλοντος γίνεται με την παρακάτω σχέση:

$$V_{mix} = V \cdot K_1 \cdot \frac{P_B - P_1}{T_p}$$

Όπου:

- $K_1 = 273,2 \text{ K} / 101,33 \text{ kPa} = 2,6961 \text{ K/kPa}$
- $P_B$ : Βαρομετρική πίεση στο χώρο δοκιμής σε kPa
- $P_1$ : Κενό στην εισαγωγή της αντλίας θετικής εκτόπισης σε kPa σε σχέση με την βαρομετρική πίεση περιβάλλοντος
- $T_p$ : Μέση θερμοκρασία του αραιωμένου καυσαερίου που εισέρχεται στην αντλία θετικής εκτόπισης στη διάρκεια της δοκιμής (σε K)

**Υπολογισμός της διορθωμένης συγκέντρωσης ρύπων στο σάκο δειγματισμού γίνεται με χρήση της σχέσης:**

$$C_i = C_e - C_d \left(1 - \frac{1}{DF}\right)$$

Όπου:

- $C_i$ : η συγκέντρωση του ρύπου  $i$  στο αραιωμένο καυσαέριο, εκφρασμένη σε ppm και διορθωμένη από την ποσότητα  $I$  που περιέχεται στον αέρα που χρησιμοποιείται για την αραίωση
- $C_e$ : η μετρημένη συγκέντρωση ρύπου  $i$  στο αραιωμένο καυσαέριο, εκφρασμένη σε ppm
- $C_d$ : η μετρημένη συγκέντρωση του ρύπου  $i$  στον αέρα που χρησιμοποιείται για αραίωση, εκφρασμένη σε ppm
- $DF$ : ο συντελεστής διάλυσης (αραίωσης) που υπολογίζεται από τη σχέση

$$DF = \frac{13,4}{C_{CO_2} + (C_{HC} + C_{CO}) \cdot 10^{-4}}$$

Όπου:

- $C_{CO_2}$ : Η συγκέντρωση  $CO_2$  στο αραιωμένο καυσαέριο που περιέχεται στο σάκο δειγματοληψίας, εκφρασμένη σε ποσοστό επί τοις εκατό κατ' όγκον

- $C_{HC}$ : Η συγκέντρωση HC στο αραιωμένο καυσαέριο που περιέχεται στο σάκο δειγματοληψίας, εκφρασμένη σε ppm ισοδύναμου άνθρακα
- $C_{CO}$ : Η συγκέντρωση CO στο αραιωμένο καυσαέριο που περιέχεται στο σάκο δειγματοληψίας, εκφρασμένη σε ppm

### Προσδιορισμός του συντελεστή $k_H$

Για την εκτίμηση της επιρροής της υγρασίας στα αποτελέσματα των οξειδίων του αζώτου εφαρμόζεται η σχέση:

$$k_H = \frac{1}{1 - 0,0329 \cdot (H - 10,71)}$$

όπου

$$H = \frac{6,211 \cdot R_a \cdot P_d}{P_B - P_d \cdot R_a \cdot 10^{-2}}$$

Όπου:

- H: η απόλυτη υγρασία εκφρασμένη σε g νερού / kg ξηρού αέρα
- $R_a$ : η σχετική υγρασία του αέρα περιβάλλοντος (σε ποσοστό επί τοις εκατό)
- $P_d$ : η πίεση κορεσμού στη θερμοκρασία περιβάλλοντος, εκφρασμένη σε kPa
- $P_B$ : η ατμοσφαιρική πίεση στο χώρο δοκιμής εκφρασμένη σε kPa

### Ειδική πρόβλεψη για τη μέτρηση HC κινητήρων Diesel

Για την εκτίμηση της μάζας των άκαυστων υδρογονανθράκων σε κινητήρες Diesel χρησιμοποιείται η μέση τιμή της συγκέντρωσης HC που υπολογίζεται από τη σχέση:

$$C_e = \frac{\int_{t_1}^{t_2} C_{HC} \cdot dt}{t_2 - t_1}$$

όπου:

- $\int_{t_1}^{t_2} C_{HC} \cdot dt$ : το ολοκλήρωμα των μετρήσεων που κατέγραψε ο θερμαινόμενος FID στη διάρκεια της δοκιμής ( $t_2 - t_1$ )
- $C_e$ : η συγκέντρωση HC που μετράται στο αραιωμένο καυσαέριο εκφρασμένη σε ppm ισοδύναμου άνθρακα (Ρακόπουλος & Χουντάλας, 1998)

## 6. Εναρμονισμένη Παγκοσμίως Διαδικασία Δοκιμής Οχημάτων (WLTP)

Τον Σεπτέμβριο του 2017 τέθηκε σε ισχύ ο αυστηρότερος εργαστηριακός έλεγχος για τη μέτρηση των ρύπων και των εκπομπών CO<sub>2</sub> από τα αυτοκίνητα με την συντομογραφία WLTP. Αυτή η νέα δοκιμή βάζει τέλος στον προηγούμενο κύκλο NEDC (New European Driving Cycle) και κάνει τις απαραίτητες βελτιώσεις στον τρόπο δοκιμής των αυτοκινήτων ώστε να ανταποκρίνεται ο νέος κύκλος WLTP (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure) περισσότερο σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης (UNECE, n.d.).

Από τον Σεπτέμβριο του 2017, η δοκιμή WLTP εφαρμόστηκε επίσημα στους νέους τύπους αυτοκινήτων (δηλαδή μοντέλα οχημάτων που εισάγονται στην αγορά για πρώτη φορά). Ένα χρόνο αργότερα, από τον Σεπτέμβριο του 2018, η δοκιμή WLTP ισχύει για όλες τις εγγραφές νέων αυτοκινήτων στην ΕΕ.

Ο κύκλος δοκιμής WLTP θα εισαγάγει πολύ πιο ρεαλιστικές συνθήκες δοκιμών, όπως υψηλότερες ταχύτητες, πιο αντιπροσωπευτική οδηγική συμπεριφορά και αυστηρότερες συνθήκες μέτρησης, σε σύγκριση με την τρέχουσα εργαστηριακή δοκιμή (NEDC). Η νέα δοκιμή θα διασφαλίσει ότι οι εργαστηριακές μετρήσεις θα αντικατοπτρίζουν καλύτερα τις επιδόσεις του οχήματος επί της ασφάλτου. Τα ζητήματα που εξακολουθούν να απαιτούν την προσοχή της ΕΕ και των εθνικών κυβερνήσεων περιλαμβάνουν την ενημέρωση των καταναλωτών, τη φορολογία και την εναρμονισμένη εισαγωγή του κύκλου δοκιμής WLTP σε ολόκληρη την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Ο λόγος της αλλαγής σε νέο παγκόσμιο κύκλο οδήγησης είναι πως ο προηγούμενος (NEDC) έχει σχεδιαστεί τη δεκαετία του 1980, είναι βασισμένος σε θεωρητική οδήγηση, άρα δεν είναι αντιπροσωπευτικός για τα νέα οχήματα της αγοράς (Drive, n.d.).

Επιπρόσθετα, η Παγκόσμια διαδικασία δοκιμής ελαφρών οχημάτων είναι βασισμένη σε πραγματικά στοιχεία οδήγησης και ταιριάζει περισσότερο με την απόδοση στον δρόμο. Αντιπροσωπεύει καλύτερα το καθημερινό προφίλ οδήγησης, επειδή αναπτύχθηκε χρησιμοποιώντας στοιχεία σε συνθήκες πραγματικής οδήγησης που συγκεντρώθηκαν ανά τον κόσμο. Κάθε τμήμα του κύκλου περιέχει μια ποικιλία από φάσεις οδήγησης, όπως στάση, εκκίνηση, επιτάχυνση και φρενάρισμα. Για έναν ορισμένο τύπο αυτοκινήτου, δοκιμάζεται κάθε κινητήρας που θα χρησιμοποιηθεί στο μοντέλο με το τεστ WLTP από τον ελαφρύτερο (πιο οικονομικό) μέχρι και τον βαρύτερο (τουλάχιστον οικονομικό). Ο κύκλος δοκιμής WLTP αναπτύχθηκε με σκοπό να χρησιμοποιηθεί ως παγκόσμιος κύκλος δοκιμών σε διάφορες περιοχές του κόσμου, των ρύπων και των εκπομπών CO<sub>2</sub>, καθώς των τιμών κατανάλωσης καυσίμου, ώστε τα μεγέθη αυτά να είναι συγκρίσιμα σε όλο τον κόσμο. Ωστόσο, ενώ η δοκιμή WLTP θα έχει ένα κοινό παγκόσμια αποδεκτό «πυρήνα», η Ευρωπαϊκή Ένωση και άλλες περιοχές θα εφαρμόσουν το τεστ

με διαφορετικούς τρόπους, ανάλογα με τους νόμους και τις ανάγκες της οδικής κυκλοφορίας τους Ο WLTP θα εισαγάγει πιο ρεαλιστικές συνθήκες δοκιμών. Αυτές θα περιλαμβάνουν:

- Πιο ρεαλιστική οδική συμπεριφορά.
- Μια μεγαλύτερη ποικιλία των καταστάσεων οδήγησης (αστικές, υπεραστικές, κεντρικό δρόμο, αυτοκινητόδρομο).
- Μεγαλύτερες αποστάσεις δοκιμής.
- Πιο ρεαλιστικές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, με τιμές πιο κοντά στον ευρωπαϊκό μέσο όρο.
- Υψηλότερες μέσες και μέγιστες ταχύτητες.
- Υψηλότερη μέση και μέγιστη ισχύ κινητήρα.
- Πιο δυναμική και αντιπροσωπευτική επιτάχυνση και επιβράδυνση του αυτοκινήτου.
- Μικρότερες στάσεις.
- Προαιρετικό εξοπλισμό: Τιμές του CO<sub>2</sub> και της κατανάλωσης καυσίμου που προβλέπονται για το οχήματα και με τον εξοπλισμό.
- Αυστηρότερες προϋποθέσεις ρύθμισης και μέτρησης του αυτοκινήτου
- Επιτρέπει την καλύτερη και την χειρότερη περίπτωση αναφοράς τιμών για την ενημέρωση των καταναλωτών, αντικατοπτρίζοντας τις διαθέσιμες επιλογές για παρόμοια μοντέλα αυτοκινήτων (TOSYNERGEIO, 2017).

To Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure ή WLTP είναι ένα παγκόσμιο πρότυπο για τη δοκιμή επιβατικών και ελαφρών επαγγελματικών οχημάτων. Από την 1η Σεπτεμβρίου 2017, χρησιμοποιείται για την παροχή πιο ρεαλιστικών δεδομένων κατανάλωσης με πολύ πιο δυναμικές παραμέτρους δοκιμών.

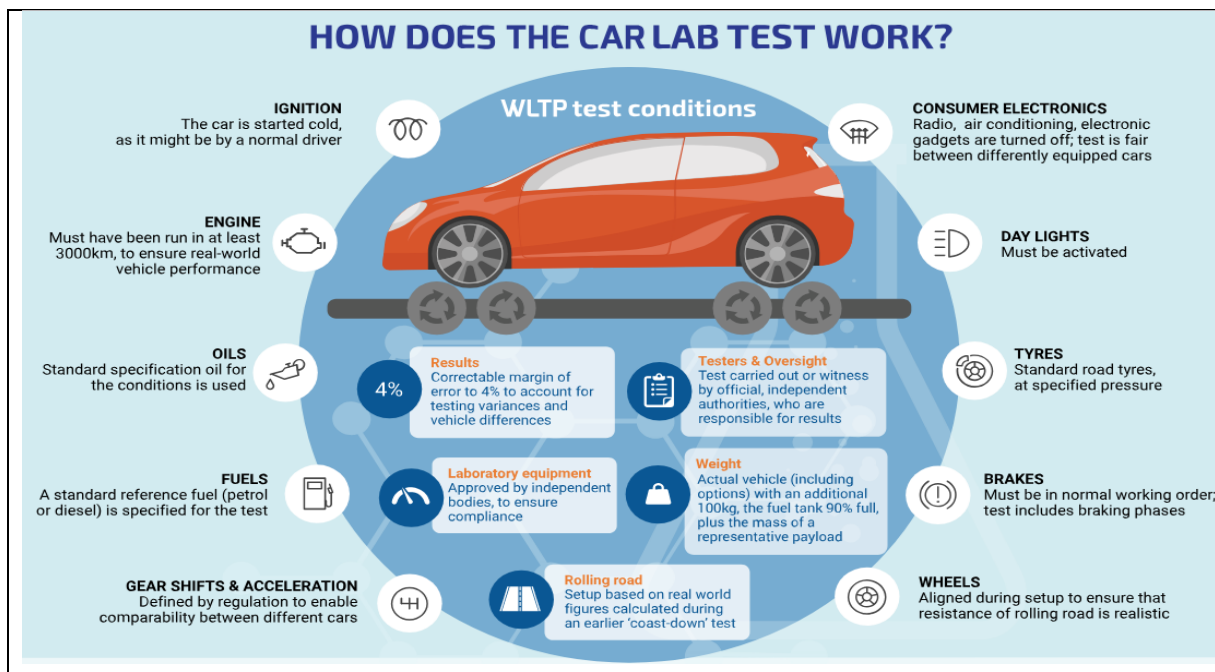
Εκτός από το WLTP, η διαδικασία δοκιμών RDE χρησιμοποιείται επίσης στην Ευρώπη από τον Σεπτέμβριο του 2017. Το RDE είναι τα αρχικά του Real Driving Emissions. Αντίθετα με το NEDC και το WLTP, οι μετρήσεις δοκιμών διεξάγονται σε πραγματικές συνθήκες κυκλοφορίας και όχι σε πίστα δοκιμών. Οι εκπομπές καυσαερίων (οξείδια του αζώτου και σωματιδίων/μικροσωματιδίων) που καταγράφονται κατά τη διάρκεια της οδήγησης στην κυκλοφορία ονομάζονται πραγματικοί ρύποι.

Κατά τη διάρκεια της μέτρησης RDE, το όχημα οδηγείται σε ένα γκάμα διαδρομών, που αποτελείται από οδήγηση στην πόλη, σε επαρχιακό δρόμο και στον αυτοκινητόδρομο, με τυχαίες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις, και τηρώντας ταυτόχρονα τον Γερμανικό Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας (StVO). Η δοκιμή προβλέπει μέση ταχύτητα μεταξύ 15 και 40km/h στην πόλη και μεταξύ 60 και 90 km/h σε επαρχιακούς δρόμους. Το όχημα μπορεί να κινείται με 145 km/h στον αυτοκινητόδρομο και για σύντομο διάστημα μέχρι 160 km/h.

Το όχημα είναι εξοπλισμένο με φορητό σύστημα μέτρησης ρύπων - Portable Emissions Measurement System (PEMS). Η συσκευή αυτή μετρά τους τοξικούς ρύπους (οξείδια του αζώτου και μονοξείδιο του

άνθρακα). Η δοκιμή έχει διάρκεια 90 - 120 λεπτών. Η εξωτερική θερμοκρασία πρέπει να είναι μεταξύ -7 και +35°C, και το σύστημα κλιματισμού ανοιχτό.

Το νέο πρότυπο WLTP εξασφαλίζει συγκρίσιμα αποτελέσματα δοκιμών σε όλο τον κόσμο. Ένας από τους πρωταρχικούς στόχους της μεθόδου WLTP είναι να προσφέρει ένα τυποποιημένο μέσον προσδιορισμού εκπομπών καυσαερίων και κατανάλωσης ενέργειας για διαφορετικά συστήματα κινητήρων όπως βενζίνης, diesel, CNG και ηλεκτρισμού. Οχήματα του ίδιου τύπου πρέπει να πετυχαίνουν τα ίδια αποτελέσματα δοκιμών οπουδήποτε στον κόσμο, όταν η διαδικασία μέτρησης WLTP ακολουθείται πιστά. Αυτή η απαραίτητη σύγκριση δικαιολογεί επίσης πόσο σημαντική είναι η εργαστηριακή μέτρηση. Γι' αυτό, η κατανάλωση καυσίμου και οι εκπομπές ρύπων αναλύονται αξιόπιστα σε δυναμόμετρο τυμπάνου με ένα δυναμικό προφίλ οδήγησης. Το 2010, μόνον η Ε.Ε. παρήγαγε 4,72 δισεκατομμύρια τόνους CO<sub>2</sub>. Το 19% προερχόταν από μηχανοκίνητα οχήματα. Λόγω αυτού, η Ε.Ε. σκοπεύει να μειώσει τους ρύπους κατά 20% μέχρι το 2020. Ο στόχος αυτός θα επιτευχθεί με τη βοήθεια του WLTP. Όπως η κατανάλωση καυσίμου, έτσι και οι εκπομπές CO<sub>2</sub> ενός οχήματος εξαρτώνται από το συγκεκριμένο μοντέλο. Το WLTP πετυχαίνει μεγαλύτερη διαφάνεια κατά τη σύγκριση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών CO<sub>2</sub> διαφορετικών οχημάτων (Weiss et al., 2012).



Εικόνα 6.1: Επεξήγηση λειτουργίας κύκλου WLTP στο ΚΤΕΟ

Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται αναλυτικά ποιες είναι οι απαραίτητες συνθήκες, ώστε να πραγματοποιηθεί ένα τεστ οδήγησης υπό τον νέο κύκλο ο WLTP ( Παγκόσμια Διαδικασία εξέτασης οδικού εναρμονισμένου ελαφρού οχήματος ). Το όχημα πρέπει να κάνει κρύα εκκίνηση του κινητήρα.

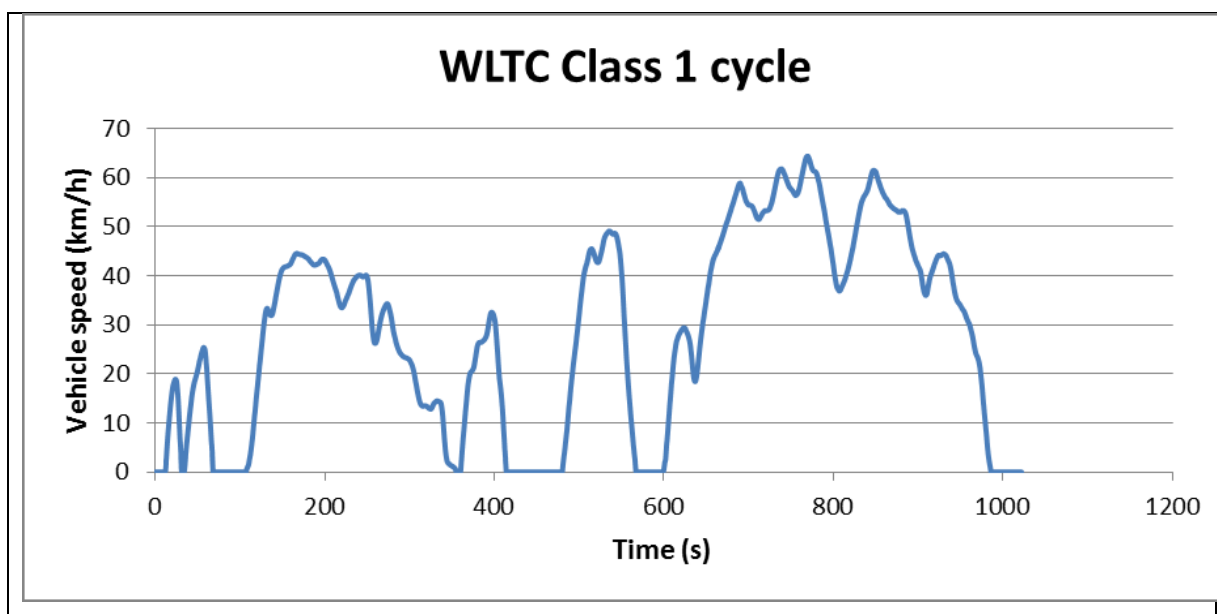


Η μηχανή πρέπει να έχει ελάχιστο όριο οδήγησης τα 3000 (K<sub>m</sub>). Επίσης, πρέπει να χρησιμοποιούνται συγκεκριμένα λάδια. Το καύσιμο πρέπει να είναι πετρέλαιο ή βενζίνη. Η αλλαγή ταχυτήτων γίνεται σύμφωνα με οδηγίες. Όλα τα ηλεκτρονικά μέρη του αυτοκινήτου, όπως ραδιόφωνο ή air condition είναι κλειστά. Τα φώτα ημέρας πρέπει να είναι ενεργοποιημένα. Τα λάστιχα έχουν συγκεκριμένη πίεση και συγκεκριμένο είδος για το οδόστρωμα. Τα φρένα πρέπει να λειτουργούν σωστά. Το τιμόνι εναρμονίζεται ώστε να έχει την αίσθηση οδήγησης στο οδόστρωμα.

Διορθώσιμο περιθώριο σφάλματος 4% για να ληφθούν υπόψη οι διαφορές στις δοκιμές και οι διαφορές των οχημάτων. Πραγματικό όχημα (συμπεριλαμβανομένων των επιλογών) με επιπλέον 100 kg, δεξαμενή καυσίμου 90% πλήρης, συν τη μάζα αντιπροσωπευτικού ωφέλιμου φορτίου. Η πλατφόρμα οδήγησης ρυθμίζεται βασισμένη σε αριθμούς πραγματικού κόσμου που υπολογίστηκαν κατά τη διάρκεια ενός τεστ όπου πραγματοποιείται ωριότερα (Volkswagen, 2018) .

## 6.1 Κύκλος WLTP Κλάσης I

Αυτός ο κύκλος αποτελείται από ζώνες χαμηλής και μέσης ταχύτητας. Είναι χαρακτηριστικό των οχημάτων χαμηλής κατανάλωσης που μπορούν να βρεθούν στην Ινδία.



Διάγραμμα 6.1: Κύκλος WLTP Κλάσης I

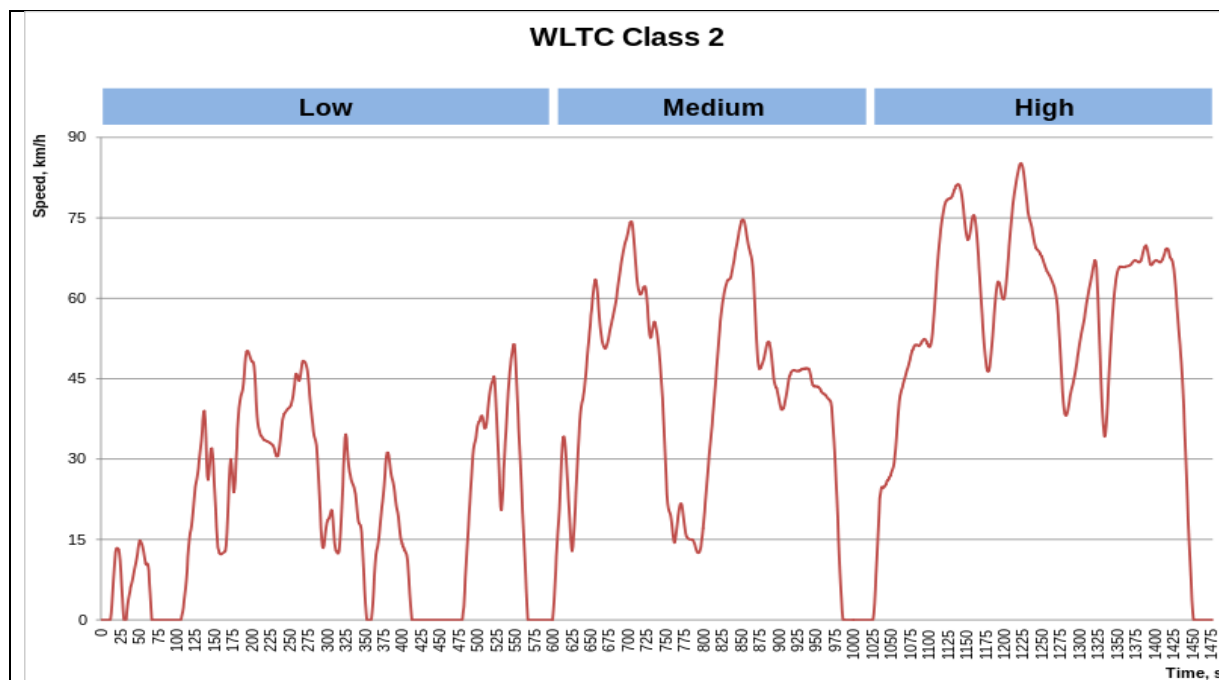
Κύρια Χαρακτηριστικά του Κύκλου είναι :

|               |           |
|---------------|-----------|
| Απόσταση      | 8.091 km  |
| Διάρκεια      | 1022 s    |
| Μέση Ταχύτητα | 28.5 km/h |

Πίνακας 2.1: Κύκλος WLTP

## 6.2 Κύκλος WLTP Κλάσης II

Ο κύκλος της κλάσης II αντιπροσωπεύει χαμηλές, μεσαίες και σχετικά υψηλές ταχύτητες του οχήματος, καλύπτοντας τα ινδικά οχήματα και τα ευρωπαϊκά και ιαπωνικά οχήματα χαμηλής ισχύος.



Διάγραμμα 6.2: Κύκλος WLTP Κλάσης II

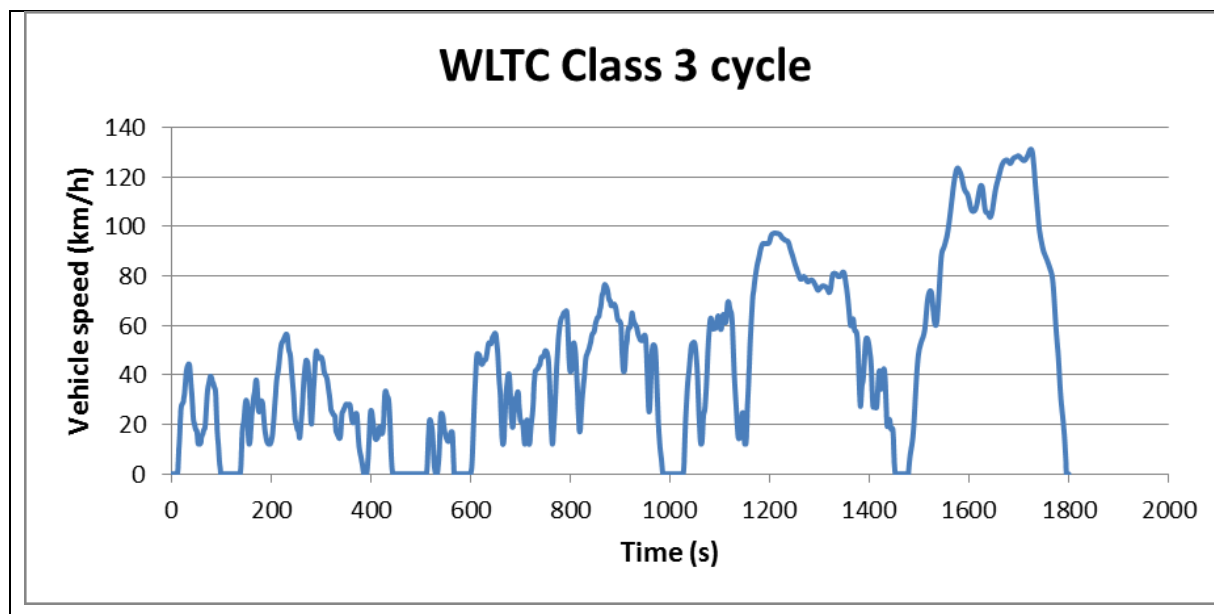
Κύρια Χαρακτηριστικά του Κύκλου είναι :

|               |           |
|---------------|-----------|
| Απόσταση      | 14.664km  |
| Διάρκεια      | 1477 s    |
| Μέση Ταχύτητα | 35.7 km/h |

Πίνακας 6.2: Κύκλος WLTP

### 6.3 Κύκλος WLTP Κλάσης III

Ο κύκλος WLTP της κλάσης III αποτελείται από τέσσερις ζώνες ταχύτητας: έναν εκπρόσωπο της αστικής οδήγησης, μιας προαστιακής οδήγησης, μιας υπεραστικής οδήγησης και μιας ζώνης αυτοκινητοδρόμων.



Διάγραμμα 6.3: Κύκλος WLTP

Κύρια Χαρακτηριστικά του Κύκλου είναι :

|               |           |
|---------------|-----------|
| Απόσταση      | 23.262 m  |
| Διάρκεια      | 1180 s    |
| Μέση Ταχύτητα | 46.5 km/h |

Πίνακας 6.3: WLTP

### 6.4 Η μετάβαση από το NEDC στο WLTP

Για την πιστοποίηση εκπομπών ελαφρών οχημάτων (LDV) χρησιμοποιούνται διάφοροι κύκλοι οδήγησης και διαδικασίες δοκιμών έγκρισης τύπου σε όλο τον κόσμο. Για παράδειγμα, στην Ευρώπη χρησιμοποιείται ο νέος Ευρωπαϊκός Κύκλος Οδήγησης (NEDC) για την πιστοποίηση, ενώ ο κύκλος JC 08 χρησιμοποιείται στην Ιαπωνία. Οι υφιστάμενοι κύκλοι οδήγησης διαφέρουν ως προς την αντιπροσωπευτικότητα και την πληρότητά τους, ή με άλλα λόγια, στην ικανότητά τους να εκπροσωπούν στατιστικά τις πραγματικές συνθήκες και την ποικιλομορφία. Ο NEDC είναι ένας κύκλος οδήγησης ψυχρής εκκίνησης που χρησιμοποιείται για την έγκριση τύπου για όλα τα Euro 3 και μεταγενέστερα LDV στην Ευρώπη και έχει κριθεί ότι δεν αντιπροσωπεύει την πραγματική λειτουργία του οχήματος.

Το JC 08 αντιπροσωπεύει την οδήγηση σε κυκλοφοριακή συμφόρηση της πόλης, συμπεριλαμβανομένων των περιόδων ρελαντί και συχνά εναλλασσόμενης επιτάχυνσης και επιβράδυνσης, αλλά δεν καλύπτει τη συμπεριφορά οδήγησης αυτοκινητοδρόμου.

Επίσης, αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι οι πραγματικές εκπομπές οχημάτων και η κατανάλωση καυσίμου μπορεί να είναι σημαντικά υψηλότερες από τις τιμές που αναφέρθηκαν κατά τη διάρκεια των δοκιμών έγκρισης τύπου σε δυναμομετρική εξέδρα σε πιστοποιημένα εργαστήρια δοκιμών. Το CADC (Common Cycle Driving Cycle) είναι ένας κύκλος οδήγησης προσομοίωσης πραγματικού κόσμου που στοχεύει να αντιπροσωπεύει τις μέσες συνθήκες οδήγησης στην Ευρώπη. Μελέτες έχουν δείξει ότι η υψηλότερη δυναμική της είχε ως αποτέλεσμα υψηλότερες εκπομπές σε σύγκριση με το NEDC. Επιπλέον, οι εκπομπές επιβατικών αυτοκινήτων που μετρήθηκαν σε σχέση με τον πρόσφατα ανεπτυγμένο Παγκόσμιο Κύκλο Ελέγχου Μοτοσικλετών (WMTC) ήταν πιο κοντά στις εκπομπές ρύπων του πραγματικού κόσμου. Συστήματα μέτρησης φορητών εκπομπών (PEMS) αναπτύχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρηση των εκπομπών κατά την πραγματική οδήγηση σε προεπιλεγμένες διαδρομές. Αυτές οι δοκιμές εκπομπών οδικής κυκλοφορίας έδειξαν ότι οι τρέχουσες εργαστηριακές δοκιμές εκπομπών δεν καταγράφουν αξιόπιστα τις εκπομπές οδικής κυκλοφορίας, ειδικά στην περίπτωση των οξειδίων του αζώτου ( $\text{NO}_x$ ). Ως εκ τούτου, σε πολλές χώρες του κόσμου υπήρξε ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη ενός νέου κύκλου οδήγησης και μιας δοκιμαστικής διαδικασίας που θα ήταν πιο αντιπροσωπευτική των πραγματικών οδηγικών συνθηκών και εκπομπών. Το 2009 μέσω της ομάδας εργασίας για τη ρύπανση και την ενέργεια (GRPE), το Παγκόσμιο Φόρουμ για την εναρμόνιση των κανονισμών για τα οχήματα της Οικονομικής Επιτροπής των Ηνωμένων Εθνών για την Ευρώπη (UNECE), ξεκίνησε ένα έργο με στόχο την ανάπτυξη ενός παγκόσμιου εναρμονισμένου κύκλου δοκιμών ελαφρών φορτίων (WLTC). Έτσι, δημιουργήθηκαν δύο ομάδες εργασίας. Η πρώτη ομάδα είναι υπεύθυνη για την ανάπτυξη του εναρμονισμένου κύκλου (DHC) και η δεύτερη ομάδα εργάζεται για την ανάπτυξη διαδικασιών δοκιμών (DTP). Το JRC έχει συμμετάσχει σε μεγάλο βαθμό και στις δύο ομάδες. Πιο αναλυτικά, το JRC συμμετέχει στο σχεδιασμό, την επικύρωση και την αναθεώρηση του νέου κύκλου δοκιμών, όπως, επίσης, και στην ανάπτυξη, τον έλεγχο και την προσαρμογή των νέων διαδικασιών δοκιμών (Weiss et al., 2012).

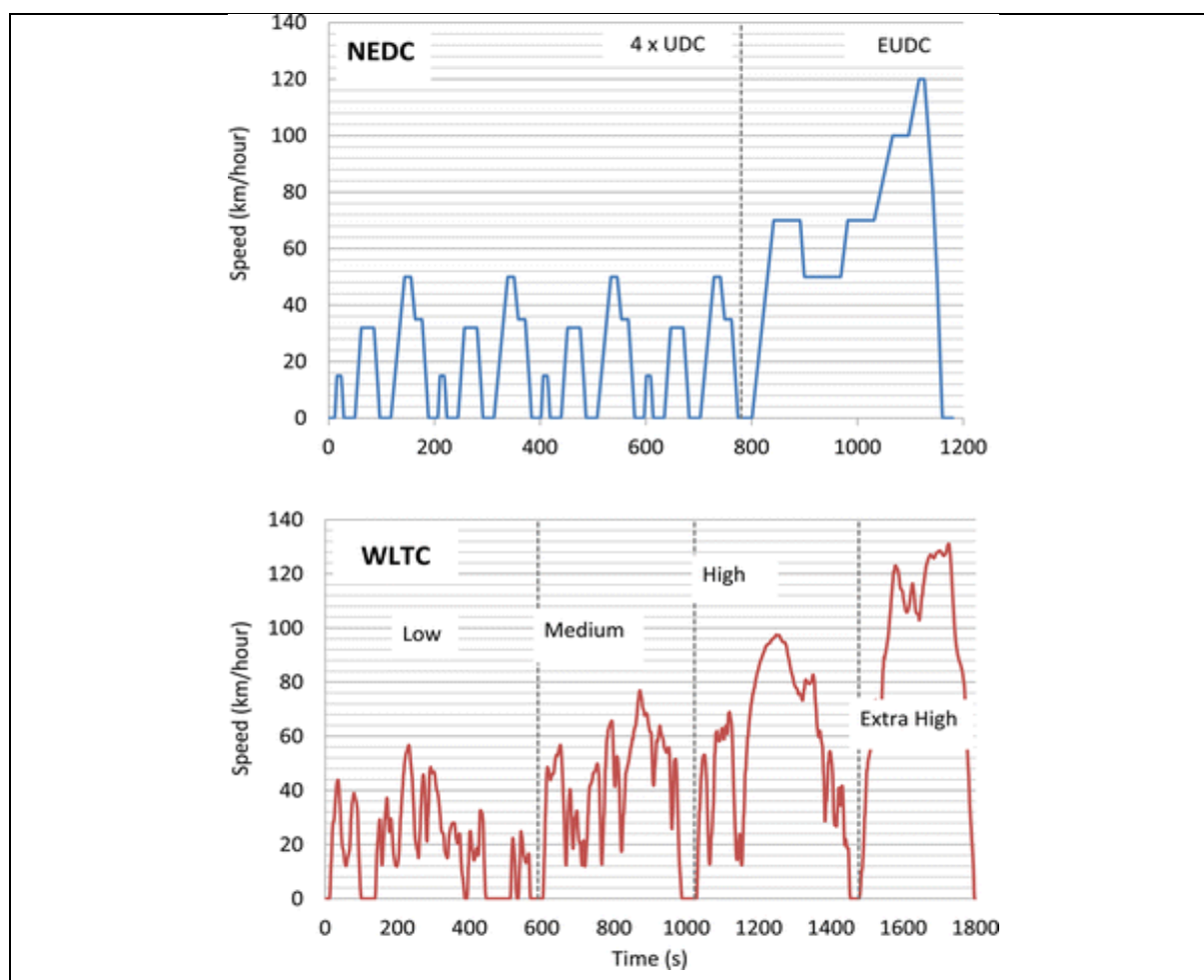
Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, από το 2010 έως το 2015, το JRC εξέτασε τις διάφορες εκδόσεις του νέου κύκλου δοκιμών και τη διαδικασία δοκιμών σε αριθμό οχημάτων που δοκιμάστηκαν υπό συνθήκες NEDC. Το αποτέλεσμα είναι ένα αξιοσημείωτο ποσό πειραματικών δεδομένων σχετικά με τους ρύπους ρύθμισης αερίων και την κατανάλωση καυσίμων σε περισσότερα από 20 οχήματα. Κατά τη διάρκεια αυτής της πειραματικής εκστρατείας πραγματοποιήθηκαν συνήθεις μετρήσεις σωματιδιακής μάζας (PM), ωστόσο δεν βρέθηκε τίποτα που να αξίζει να αναφερθεί, καθώς τα

περισσότερα από τα οχήματα ντίζελ ήταν Euro 5 και έτσι εξοπλισμένα με φίλτρο σωματιδίων ντίζελ (DPF).

Μέχρι στιγμής έχει δημοσιευθεί πολύ περιορισμένος αριθμός πειραματικών αποτελεσμάτων που αξιολογούν τον αντίκτυπο της εισαγωγής του WLTP στις εκπομπές αερίων και κυρίως αυτές οι μελέτες είχαν επικεντρωθεί στις εκπομπές CO<sub>2</sub> (Volkswagen, 2018).

#### 6.4.1 Περιγραφή των διαδικασιών δοκιμής

Ο κύκλος NEDC περιλαμβάνει τέσσερα αστικά τμήματα οδήγησης (UDC) που χαρακτηρίζονται από χαμηλή ταχύτητα του οχήματος, χαμηλό φορτίο κινητήρα και χαμηλή θερμοκρασία καυσαερίων, ακολουθούμενη από ένα τμήμα αστικής οδήγησης (EUDC) για την αντιμετώπιση της επιθετικότερης και υψηλότερης ταχύτητας οδήγησης. Το Διάγραμμα 6,1 δείχνει τα προφίλ ταχύτητας των δύο κύκλων. Η κατηγορία WLTC που έχει εκχωρηθεί στην κατηγορία οχημάτων (κλάση 3), η οποία αντιπροσωπεύει τη μεγάλη πλειοψηφία των ευρωπαϊκών οχημάτων, αποτελείται από τέσσερις φάσεις ταχύτητας (χαμηλή, μέση, υψηλή και εξαιρετικά υψηλή). Το WLTC διαρκεί 1800 δευτερόλεπτα, διαθέτει πιο δυναμικό προφίλ ταχύτητας, μεγαλύτερη απόσταση από το NEDC και συνεπώς ο κινητήρας ψυχρής εκκίνησης και οι εκπομπές CO<sub>2</sub> έχουν μικρότερο αντίκτυπο στη συνολική οικονομία καυσίμου. Επιπλέον, το WLTC έχει το όχημα επιτάχυνση ή επιβράδυνση 84% του χρόνου σε όλο τον κύκλο, με μόνο 13% σε κατάσταση αναμονής και 4% σε συνεχή οδήγηση με κρουαζιέρα, ενώ το 40% του NEDC βρίσκεται σε σταθερή κατάσταση κρουαζιέρας, 24% είναι σε αδράνεια και το υπόλοιπο 36% δαπανάται για επιτάχυνση ή επιβράδυνση. Ο Πίνακας 6.4 ποσοτικοποιεί τις κύριες παραμέτρους που σχετίζονται με τη δυναμική των δύο κύκλων (Tutuianu et al., 2015).



Διάγραμμα 6.1: Κύκλοι οδήγησης NEDC και WLTC

| Παράμετροι   | NEDC  | WLTP  |
|--|-------|-------|
| Διάρκεια (λεπ)   | 1180  | 1800  |
| Απόσταση (χλμ)   | 11.03 | 23.27 |
| Μέση ταχύτητα (km / h)                                 | 33.6  | 46.5  |
| Μέγιστη ταχύτητα (km / h)                              | 120.0 | 131.3 |
| Διάρκεια διακοπής (%)                                  | 23.7  | 12.6  |
| Συνεχής οδήγηση (%)                                    | 40.3  | 3.7   |
| Επιτάχυνση (%)   | 20.9  | 43.8  |
| Επιβράδυνση (%)  | 15.1  | 39.9  |
| Μέση θετική επιτάχυνση ( $m / s^2$ )                   | 0,59  | 0,41  |
| Μέγιστη θετική επιτάχυνση ( $m / s^2$ )                | 1,04  | 1.67  |
| Μέση θετική "ταχύτητα" επιτάχυνση (" $m^2 / s^3$ ")    | 1,04  | 1.99  |
| Μέγιστη θετική "ταχύτητα" επιτάχυνση (" $m^2 / s^3$ ") | 9.22  | 21.01 |
| Μέση επιβράδυνση ( $m / s^2$ )                         | -0.82 | -0,45 |
| Ελάχιστη επιβράδυνση ( $m / s^2$ )                     | -1,39 | -1,50 |

Πίνακας 6.4: Βασικές παράμετροι των κύκλων οδήγησης NEDC και WLTC

Οι δοκιμές NEDC πραγματοποιούνται σύμφωνα με τον ισχύοντα κανονισμό OEE / OHE 83. Για τα περισσότερα οχήματα χρησιμοποιούνται οι συντελεστές οδικού φορτίου (RL) του κατασκευαστή. Σε λίγες περιπτώσεις, όταν αυτές οι τιμές δεν ήταν διαθέσιμες, εφαρμόζονται οι συντελεστές προεπιλογής που περιλαμβάνονται στον κανονισμό 83 (UNECE, 2015) .

Οι δοκιμές WLTC / WLTP που πραγματοποιούνται στο JRC, οι οποίες άρχισαν το 2010 και εξακολουθούν να συνεχίζονται, αποσκοπούσαν στην ανάπτυξη, την επικύρωση και την επιβεβαίωση της νέας διαδικασίας εξέτασης παγκόσμιου εναρμονισμένου ελαφρού οχήματος. Τα προφίλ ταχύτητας αυτής της νέας διαδικασίας εξελίχθηκαν από το 2010 (WLTC ver.2) έως το 2014 (WLTC 5.3, τώρα αποκαλούμενο WLTC Class 3.2) και αυτό περιγράφεται λεπτομερέστερα στο Tutuianu et al. Αρχικά, κάποιες δοκιμές WLTC διεξήχθησαν με NEDC RL (που υποδεικνύεται σε αυτό το έγγραφο ως WLTC-TM-NEDC), αλλά η πλειοψηφία των οχημάτων δοκιμάστηκε ακολουθώντας τις εξελισσόμενες απαιτήσεις του WLTP, όσον αφορά τη θερμοκρασία δοκιμής, RL, από τις πρώτες δοκιμαστικές προτάσεις μέχρι τις τελευταίες διατάξεις όπως προδιαγράφονται στην επίσημη, πρόσφατα κυκλοφόρησε GTR15 της UNECE. Συγκεκριμένα, η θερμοκρασία δοκιμής για WLTP ορίστηκε στους 23 ° C κατά τη διάρκεια των αρχικών συζητήσεων και παρέμεινε σταθερή. Όσον αφορά τη μάζα της δοκιμής, ο WLTP ορίζει δύο τιμές μάζας δοκιμής, μία δοκιμαστική μάζα υψηλού (TMH) και μία δοκιμαστική μάζα χαμηλή (TML), με αντίστοιχα αυξημένο RL σε σύγκριση με το NEDC. Το TMH και το TML υπολογίζονται σύμφωνα τα UNECE GTR15 ως

$$1. \quad TMH = MRO + OM + 25 + \varphi * MLV$$

$$2. \quad TML = MRO + 25 + \varphi * MLV$$

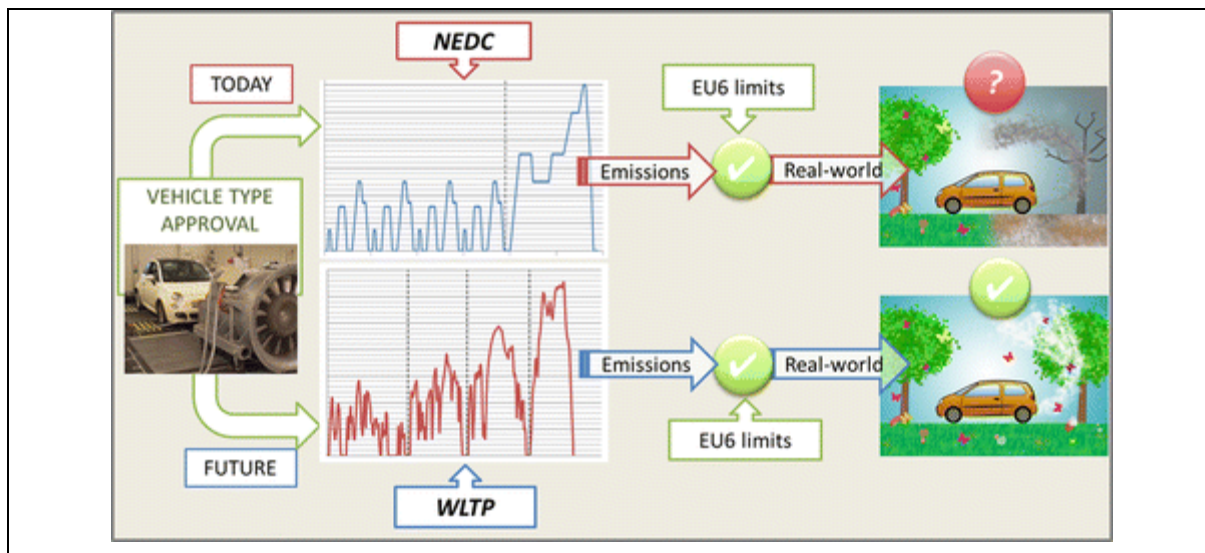
όπου το MRO είναι μάζα σε κατάσταση λειτουργίας, το OM είναι μάζα προαιρετικού εξοπλισμού, το MVL είναι το μέγιστο φορτίο του οχήματος και είναι ίσο με το LM - MRO - OM - 25 όπου η μέγιστη τεχνικά αποδεκτή μάζα LM είναι LM.  $\varphi$  είναι το ποσοστό του φορτίου του οχήματος που περιλαμβάνεται στον ορισμό της μάζας δοκιμής και ισούται με 15% για την κατηγορία M1 (επιβατικά αυτοκίνητα) και 28% για τα οχήματα της κατηγορίας N1 (ελαφρά επαγγελματικά οχήματα). Για τους ρύπους ρύθμισης (κριτηρίων) θα επιλέγονται επιλεγμένα οχήματα αντιπροσωπευτικά μιας οικογένειας οχημάτων (με ταυτόσημο κινητήρα και τεχνολογία, τύπο μετάδοσης και αριθμό εργαλείων, σύστημα φόρτισης, μέγιστος αριθμός θέσεων καθήμενων, αριθμός ενεργοποιημένων αξόνων, MRO και LM). δοκιμάζονται τόσο υπό τις δοκιμαστικές μάζες όσο και στις συνθήκες RL και σε αμφότερες τις περιπτώσεις πρέπει να συμμορφώνονται με τα νομοθετικά πρότυπα εκπομπών. Το τελικό αποτέλεσμα για τις ελεγχόμενες εκπομπές ρύπων είναι ο μέσος όρος αυτών των δύο μετρήσεων. Για CO<sub>2</sub> πιστοποίηση η διαδικασία είναι λίγο διαφορετική. Για μια συγκεκριμένη οικογένεια οχημάτων το TMH θα χρησιμοποιηθεί για το χειρότερο σενάριο των εκπομπών CO<sub>2</sub>, καθώς και για τον προσδιορισμό των συντελεστών οδικής καταπόνησης WLTP για το ίδιο σενάριο, ενώ το TML θα εφαρμοστεί για τις

καλύτερες περιπτώσεις εκπομπών CO<sub>2</sub> για την ίδια οικογένεια οχημάτων. Με βάση τα αποτελέσματα TML και TMH θα προσδιοριστεί η γραμμική παλινδρόμηση για τις εκπομπές CO<sub>2</sub> σε σχέση με την ενέργεια κύκλου (η οποία υπολογίζεται από το βάρος δοκιμής του οχήματος και το RL). Αυτή η γραμμή παλινδρόμησης θα χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό των εκπομπών CO<sub>2</sub> όλων των άλλων οχημάτων εντός της αντίστοιχης οικογένειας οχημάτων χωρίς πιστοποίηση έγκρισης τύπου εάν η μάζα τους είναι μεταξύ TML και TMH (Tutuianu et al., 2015, UNECE, 2015).

Οι δοκιμές WLTC / WLTP στο JRC διεξήχθησαν χρησιμοποιώντας έως και 3 μάζες δοκιμής: τη μάζα δοκιμής NEDC (WLTC-TM-NEDC), το TMH (WLTP-TMH) και το TML (WLTP-TML). Για το οδικό φορτίο WLTP, καθώς δεν υπήρχαν πραγματικά αποτελέσματα μέτρησης κατά τη διεξαγωγή των δοκιμών, οι τιμές αποφασίστηκαν με βάση την κοινή λογική. Οι τιμές F 0 διορθώθηκαν για την αύξηση της μάζας δοκιμής από NEDC σε WLTP TML και TMH. Η αύξηση F 0 ήταν μεταξύ 11 και 14% της διαφοράς στη μάζα της δοκιμής όπως προτείνεται στην επιστημονική βιβλιογραφία. (22) Επιπλέον, σε ορισμένα οχήματα, πραγματοποιήθηκε παραμετρική μελέτη όπου F 0 και F 2 ( F 1 διατηρήθηκε σταθερή) μεταβαλλόταν μεταξύ των τιμών NEDC και + 25% με ένα ενδιάμεσο βήμα + 12,5%. Είναι σαφές ότι αυτές οι τιμές δεν αντιπροσωπεύουν τις τιμές οδικού φορτίου WLTP που θα αναμενόταν από την εφαρμογή της διαδικασίας καθορισμού του φορτίου οδικού φορτίου GRT15. ωστόσο, είναι προς την κατεύθυνση μιας αύξησης που, αν όχι ποσοτικά, είναι τουλάχιστον ποιοτικά έγκυρη (ICCT, 2011). Οι δοκιμές διεξήχθησαν στο Εργαστήριο Εκπομπών Οχημάτων (VELA) του JRC. Όλα τα οχήματα δοκιμάστηκαν κατά τη διάρκεια των συνθηκών του κύκλου εκκίνησης εν ψυχρό, σύμφωνα με τις νομοθετικές διαδικασίες έγκρισης τύπου, συμπεριλαμβανομένης της προετοιμασίας του οχήματος και του χρόνου εμβάπτισης. Η θερμοκρασία των κυψελίδων για όλες τις δοκιμές ήταν μεταξύ 22-25 ° C για NEDC και 23 ° C για τις δοκιμές WLTP. Οι ρυθμισμένες εκπομπές ρύπων από τα LDV μετρήθηκαν χρησιμοποιώντας δυναμόμετρο πλαισίου και σύστημα συμβατικής δειγματοληψίας σταθερού όγκου (CVS) με βεντούρι κρίσιμης ροής. Το CVS εξοπλίστηκε με τέσσερα κρίσιμα ανοίγματα που επιτρέπουν την επιλογή του πλέον κατάλληλου ρυθμού ροής. Ο πάγκος κυλίνδρων της δυναμομετρικής εξέδρας ήταν ένας τύπος ενός κυλίνδρου 48 ". Για να ακολουθήσει τον νομοθετικό κύκλο, ο οδηγός υποβοηθήθηκε από ένα σύστημα ενίσχυσης των οδηγών. Για οχήματα βενζίνης, οι ελεγχόμενες εκπομπές αερίων μετρήθηκαν με τη χρήση των σάκων που προβλέπονται από τη νομοθεσία. Αυτό σημαίνει ότι ένα δείγμα σταθερού όγκου των καυσαερίων συλλέγεται σε σάκους Tedlar κατά τη διάρκεια της δοκιμής και η συγκέντρωση κάθε ρύπου που μετράται μέσα σε αυτούς τους σάκους στο τέλος της δοκιμής. Το επίπεδο υποβάθρου προσδιορίζεται με ανάλυση ενός δείγματος του αέρα αραιώσεως που συλλέγεται σε άλλους σάκους. Για το πετρελαιοκίνητο όχημα, σύμφωνα με τη νομοθετική διαδικασία, οι εκπομπές HC μετρήθηκαν με τη χρήση ενός online θερμαινόμενου ανιχνευτή ιονισμού φλόγας (FID), ο οποίος διενεργήθηκε απευθείας δειγματοληψία από τη σήραγγα αραιώσεως.



Οι ρυθμιζόμενες εκπομπές μετρήθηκαν ως εξής: CO και CO<sub>2</sub> μετρήθηκαν αντίθετα χρησιμοποιώντας έναν ανιχνευτή ηλεκτρονικού ανιχνευτή ιονισμού φλόγας (FID), ο οποίος λάμβανε απευθείας δειγματοληψία από τη σήραγγα αραίωσης (Gillespie, T.D., 1992).



Εικόνα 6.2: NEDC vs WLTP (Environ. Sci. Technol, 2015)

## 7. Εκπομπές Στην Πρακτική Οδήγηση( RDE )

Ο όρος εκπομπές στην πρακτική οδήγηση , που επίσης χρησιμοποιείται ευρέως στα γερμανικά με τον αγγλικό όρο πραγματικές εκπομπές ρύπανσης ( RDE ), περιγράφει την πραγματική συμπεριφορά εκπομπής καυσαερίων αυτοκινήτων , φορτηγών και λεωφορείων στην καθημερινή χρήση. Με μια ευρύτερη έννοια, αυτό σημαίνει επίσης τη διαδικασία δοκιμής RDE.



Εικόνα 7.1: Εκπομπές πρακτικής οδήγησης ( RDE )

Τον Μάιο του 2015, η αρμόδια επιτροπή της Ευρωπαϊκής Ένωσης αποφάσισε ότι ( μεταξύ άλλων, τα αυτοκίνητα που εκπέμπουν πολύ υψηλότερες εκπομπές από τις μετρήσεις στις δοκιμές εκπομπών έγκρισης τύπου ) , πρέπει να αναβαθμιστεί η δοκιμή NEDC (New European Driving Cycle) , η οποία διεξάγεται από το 1992 , με μία νέα μέτρηση των εκπομπών σε συνθήκες πραγματικής οδήγησης (Steininger, 2015).

Μέχρι στιγμής, οι μετρήσεις των καυσαερίων για την έγκριση τύπου είναι υποχρεωτικές μόνο για τα κλιματισμένα δυναμόμετρα καυσαερίων. Υπό αυτές τις ευνοϊκές συνθήκες, εκπέμπουν λιγότερο από ό,τι σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης στο δρόμο, επειδή υπάρχει μια σταθερή θερμοκρασία περιβάλλοντος έως και 30 ° C και επειδή απαιτούνται συγκριτικά μέτριες επιταχύνσεις στον κύκλο οδήγησης NEDC. Αυτό ισχύει για οχήματα με κινητήρα βενζίνης και πετρελαιοκίνητα οχήματα . Οι οριακές τιμές για πραγματική οδήγηση δεν έχουν ακόμη καθοριστεί για τα αυτοκίνητα. Για τα πετρελαιοκίνητα οχήματα, μια έρευνα από το Διεθνές Συμβούλιο για τις Καθαρές Μεταφορές (ICCT)

έδειξε ότι είναι έως και επτά φορές περισσότερο οξείδια του αζώτου σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης εκπέμπονταν από την απαιτούμενη για τον έλεγχο τύπου επί της εξέδρας.

Οι δοκιμές του δοκιμαστικού κυλίνδρου με κυλίνδρους θα μπορούσαν να μεταβληθούν με λογισμικό στο όχημα αναγνωρίζοντας ότι το όχημα ήταν σε δοκιμαστικό πάγκο. Το λογισμικό ενεργοποίησε τον μέγιστο καθαρισμό των καυσαερίων στον πάγκο δοκιμών και (για να μειώσει την κατανάλωση ουρίας) μειωμένο καθαρισμό των καυσαερίων εκτός του πάγκου δοκιμών. Μετά το φθινόπωρο του 2015 το σκάνδαλο εξάτμισης της VW έγινε γνωστό. Η πολιτική της ΕΕ έχει επίσης θέσει δεσμευτικές οριακές τιμές για τα αυτοκίνητα σε πραγματική οδήγηση στο μέλλον, τα οποία μπορούν να φθάσουν έως και 2,1 μονάδες πάνω από τις οριακές τιμές για το εργαστήριο (" συντελεστής συμμόρφωσης"). Η μέτρηση των πραγματικών εκπομπών από τα αυτοκίνητα (RDE) από τα αυτοκίνητα θα συμπληρώνει στο μέλλον εργαστηριακές διαδικασίες δοκιμών, όπως συνέβη με τα φορτηγά για πολύ καιρό ( Colin R. & Alan T., 2001).

## 7.1 Σκοπός των μετρήσεων

Στη διάρκεια των τελευταίων ετών παρατηρείται μια συνεχώς αυξανόμενη τάση επιβάρυνσης της ποιότητας του αέρα, με πρωταγωνιστές ρύπους όπως το CO και τα NO<sub>x</sub>, των οποίων οι συγκεντρώσεις ξεπερνούν τα θεσπισμένα όρια, ιδίως στα αστικά σημεία υψηλής δραστηριότητας. Κυρίαρχο ρόλο στην προαναφερθείσα κατάσταση έχουν οι πολύ υψηλές εκπομπές ρύπων των ελαφρών οχημάτων, οι οποίες σε πολλές περιπτώσεις υπερβαίνουν τα νομοθετημένα όρια εκπομπών κατά ένα συντελεστή της τάξης του 5+.

Οι εκπομπές που προκύπτουν από RDE μετρήσεις, οχημάτων Euro 3 – Euro 5 κινητήρων είναι κατά γενική ομολογία σταθερές, γεγονός που αποδεικνύεται από πλήθος μελετών, παρά τη μείωση των ονομαστικών καθορισμένων ορίων εκπομπών για τα NO<sub>x</sub>, με τα όρια για το CO να παραμένουν σταθερά, όπως παρουσιάζεται και στον Πίνακα 7.1. Τα οχήματα Euro 6, που φέρουν κινητήρα diesel, συμπεριφέρονται ελαφρώς καλύτερα, αν και οι εκπομπές τους στα NO<sub>x</sub> εξακολουθούν να είναι σημαντικά υψηλότερες του αντίστοιχου ορίου των 80 mg/km. Παρατηρούνται ωστόσο σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των επιμέρους οχημάτων Euro 6, που κυμαίνονται από τη συμμόρφωση με τα καθορισμένα όρια Euro 6 έως σε χειρότερη συμπεριφορά από τα οχήματα Euro 5 (Steininger, 2015).

| Εκδοση   | Ρύπος | CO<br>[mg/km] | NO <sub>x</sub><br>[mg/km] |
|--|-------|---------------|----------------------------|
| <b>Κινητήρας έναυσης με συμπίεση (Diesel)</b>  |       |               |                            |
| <b>Euro 3</b>                                  |       | 640           | 500                        |
| <b>Euro 4</b>                                  |       | 500           | 250                        |
| <b>Euro 5</b>                                  |       | 500           | 180                        |
| <b>Euro 6</b>                                  |       | 500           | 80                         |
| <b>Κινητήρας έναυσης με ανάφλεξη (Βενζίνη)</b> |       |               |                            |
| <b>Euro 3</b>                                  |       | 2.300         | 150                        |
| <b>Euro 4</b>                                  |       | 1.000         | 80                         |
| <b>Euro 5</b>                                  |       | 1.000         | 60                         |
| <b>Euro 6</b>                                  |       | 1.000         | 60                         |

**Πίνακας 7.1: Ευρωπαϊκά όρια εκπομπών ελαφρών οχημάτων**

Σημασία πρέπει να δοθεί στο ότι οι εργαστηριακές δοκιμές σε έναν σταθερό κύκλο δοκιμών, όπως ο κύκλος NEDC, δεν είναι επαρκείς για τον καθορισμό των εκπομπών NO<sub>x</sub>. Αυτό γιατί ο κανονισμός των Euro 5/6 (E.E.) 715/2007 ορίζει τα όρια εκπομπών υπό «κανονικές συνθήκες χρήσης», δηλαδή όχι σε σχέση με έναν συγκεκριμένο κύκλο δοκιμών, με αποτέλεσμα οι τρέχουσες διαδικασίες δοκιμών να υπολείπονται των νομικών απαιτήσεων.

Οι «κανονικές συνθήκες χρήσης» δεν ορίζονται ρητά στη νομοθεσία, καθώς το «κανονικό» είναι αυτό που πραγματικά λαμβάνει χώρα στη μέτρηση στο δρόμο. «Κανονικές συνθήκες χρήσης» είναι το σύνολο των οδηγικών καταστάσεων, που ένας τύπος οχήματος συναντά στο δρόμο και οι οποίες συνυπολογίζονται βάσει της συχνότητας εμφάνισής τους. Τα καθορισμένα όρια εκπομπών είναι ουσιαστικά οι μέσες εκπομπές στο δρόμο (Steininger, 2015).

## 7.2 Διεξαγωγή μετρήσεων

Η κάλυψη όλων των «κανονικών συνθηκών χρήσης» σε μία δοκιμή είναι αδύνατη. Για το λόγο αυτό έχουμε τυχαιοποιημένες συνθήκες δοκιμών, οι οποίες δυνητικά καλύπτουν το σύνολο των οδηγικών καταστάσεων που θα συναντηθούν στο δρόμο. Επίσης, μέσω της κανονικοποίησης μπορεί να επιτευχθεί ικανοποιητική στατιστική συσχέτιση μεταξύ μιας ξεχωριστής δοκιμής PEMS και των «κανονικών συνθηκών χρήσης».

Για όλες τις πιθανές δοκιμές RDE, οι οποίες εκτελούνται σύμφωνα με τις νομικές απαιτήσεις που θα αναφερθούν ακολούθως, θα πρέπει οι μετρούμενες εκπομπές να μην υπερβαίνουν τα NTE (Not-To-Exceed) όρια. Τα NTE όρια υπολογίζονται βάσει των κανονιστικών ορίων εκπομπών επί ενός

συντελεστή συμμόρφωσης, ο οποίος είναι μεγαλύτερος της μονάδας και αντιπροσωπεύει τις διακυμάνσεις των RDE δοκιμών σε σχέση με τις «κανονικές συνθήκες χρήσης».

Οι RDE δοκιμές πραγματοποιούνται με τη χρήση φορητών συστημάτων μέτρησης εκπομπών (PEMS) επί του οχήματος, σε τυχαιοποιημένους κύκλους δοκιμών, με δυναμικές και οριακές συνθήκες.

### 7.3 Κατάσταση των μετρήσεων σήμερα

Ξεκινώντας το 2011, αναπτύχθηκε μια διαδικασία RDE δοκιμών με τη χρήση PEMS (Portable Emissions Measuring System). Έχουν αναπτυχθεί διάφοροι μέθοδοι «κανονικοποίησης» των δυναμικών συνθηκών οδήγησης, όπως η μέθοδος δυναμικού διαχωρισμού βάσει ισχύος (power binning) με τη χρήση του εργαλείου CLEAR και η μέθοδος παραθύρων κινητού μέσου όρου (moving average windows) με τη μέθοδο EMROAD.

Βασικές προϋποθέσεις για τη διεξαγωγή της μέτρησης είναι ο ορισμός των περιβαλλοντικών ορίων, των συνθηκών και των τεχνικών διαδικασιών για την εκτέλεση της δοκιμής. Προς το παρόν, ορισμένες εκπομπές, όπως οι εκπομπές κατά την ψυχρή εκκίνηση και τις μετεπεξεργασμένες αναγεννήσεις του συστήματος αποκλείονται από την αξιολόγηση RDE, ενώ πρόκειται να αντιμετωπιστούν εν καιρώ από ειδική διαδικασία. Η διαδικασία δοκιμής RDE για αρχική έγκριση τύπου ψηφίστηκε από την Τ.Ε.Μ.Ο (Τεχνική Επιτροπή Μηχανοκίνητων Οχημάτων) στις 19 Μαΐου, 2015. Εκτενής αναφορά στα κριτήρια διεξαγωγής των μετρήσεων θα πραγματοποιηθεί στη συνέχεια.

Από τις αρχές του Ιανουαρίου του 2016 ξεκίνησε η παρακολούθηση των εκπομπών NO<sub>x</sub> μέσω δοκιμών RDE, χωρίς να υπάρχουν ακόμη υποχρεωτικές απαιτήσεις. Ο σχεδιασμός περιλαμβάνει την έναρξη RDE δοκιμών από τον Σεπτέμβριο του 2017/18 για τον καθορισμό των NTE ορίων (NO<sub>x</sub> και PN), ώστε να καθοριστούν τα νέα όρια εκπομπών όλων των καινούριων οχημάτων.

### 7.4 ISC (In Service Conformity) των Δοκιμών

Ορισμένες «παραδοσιακές» εργαστηριακές δοκιμές, όπως είναι οι δοκιμές συμμόρφωσης εν χρήσει (ISC tests), αφορούν στον έλεγχο συμμόρφωσης και αντοχής των οχημάτων παραγωγής. Η συμμόρφωση με τα NTE όρια εκπομπών, για όλες τις πιθανές δοκιμές RDE, πραγματοποιείται σύμφωνα με τις νομικές απαιτήσεις. Ωστόσο, οι δοκιμές RDE παρουσιάζουν έναν ορισμένο βαθμό παρέκκλισης των συνθηκών τους από την μία δοκιμή στην επόμενη, όπως είναι και αναμενόμενο. Επίσης, η δοκιμή έγκρισης τύπου μπορεί να αποδειχθεί μόνο για μία RDE δοκιμή τη φορά, κάτι το οποίο δεν αρκεί. Για το λόγο αυτό οι ISC δοκιμές θα πρέπει να επαληθεύονται για περισσότερες πιθανές συνθήκες των RDE δοκιμών. Κρίνεται, λοιπόν, απαραίτητη η ανεξάρτητη παρακολούθηση των δοκιμών, ώστε να εξασφαλιστεί η πραγματική τυχαιότητα των RDE δοκιμών στις ISC δοκιμές.

Οι αποτυχημένες ISC δοκιμές θα πρέπει να έχουν και συνέπειες. Αυτό μπορεί να εξασφαλιστεί θεσπίζοντας ορισμένους κανόνες για τις δοκιμές αυτές. Πιο συγκεκριμένα, θα πρέπει να

πραγματοποιούνται υποχρεωτικές δοκιμές τόσο από τον κατασκευαστή, όσο και από την αρμόδια αρχή. Επίσης, θα πρέπει να πραγματοποιούνται «εθελοντικές» δοκιμές παρακολούθησης από ανεξάρτητα μέλη, να θεσπιστούν στατιστικά κριτήρια και να αντιμετωπιστούν ζητήματα, όπως οι μεταβολές που παρατηρούνται από όχημα σε όχημα και από δοκιμή σε δοκιμή. Τέλος, οι συνέπειες σε περίπτωση μη συμμόρφωσης με τους κανονισμούς θα πρέπει να είναι κλιμακούμενες, οδηγώντας ακόμα και στην ανάκληση της έγκρισης τύπου (EU, 2016).

## 7.5 Περιγραφή του PEMS

Η επερχόμενη νομοθεσία, η οποία αφορά στις εκπομπές σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης για τα επιβατικά αυτοκίνητα στην Ευρώπη, απαιτεί από τους κατασκευαστές αυτοκινήτων να πραγματοποιήσουν μετρήσεις στο δρόμο με φορητά συστήματα μέτρησης εκπομπών ούτως ώστε να είναι εναρμονισμένοι με τους καινούριους κανονισμούς RDE. Η δοκιμή με PEMS σε επιβατικά οχήματα απαιτεί περιορισμένου μεγέθους και βάρους συσκευές, που είναι αρκετά συμπαγείς, ώστε να μπορούν να χωρέσουν και σε μικρότερα οχήματα και πρωτίστως να χαρακτηρίζονται από την εύκολη και γρήγορη εγκατάστασή τους.

Μελλοντικά αναμένεται πως θα σχεδιαστεί μια πληθώρα συστημάτων για εφαρμογή επί του οχήματος, τα οποία θα κυμαίνονται από PEMS σε μέγεθος βαλίτσας έως όργανα εγκατεστημένα πίσω από τα υπό δοκιμή οχήματα. Τα οφέλη της εκάστοτε προσέγγισης πρέπει να εξεταστούν υπό το πρίσμα και των υπολοίπων πηγών σφαλμάτων, τα οποία σχετίζονται με την παρακολούθηση των εκπομπών και τη διαφοροποίησή τους, τόσο στο ίδιο το όχημα, όσο και μεταξύ των διαφόρων οχημάτων. Με άλλα λόγια θα πρέπει να ληφθεί υπόψη το σύνολο:

- της διαφοράς μεταξύ αυτού που μετράται και αυτού που πραγματικά εκπέμπεται κατά τη διάρκεια μιας δοκιμής
- της διαφοράς μεταξύ αυτού που εκπέμπεται κατά τη διάρκεια της δοκιμής και αυτού που το όχημα εκπέμπει κατά την καθημερινή του λειτουργία
- της διαφοράς μεταξύ των χαρακτηριστικών των εκπομπών του υπό δοκιμή οχήματος και των συνολικών επίπεδων εκπομπών του συνόλου του στόλου οχημάτων (AVL GAS PEMS iS, 2014)

### 7.5.1 Περιγραφή της AVL

Το AVL M.O.V.E GAS PEMS είναι ένα φορητό σύστημα μέτρησης εκπομπών και έχει σχεδιαστεί για τη μέτρηση των συγκεντρώσεων των NO/NO<sub>2</sub> και CO/CO<sub>2</sub> στα καυσαέρια οχημάτων diesel και βενζίνης (AVL M. O. V. E SYSTEM CONTROL TM, 2015).

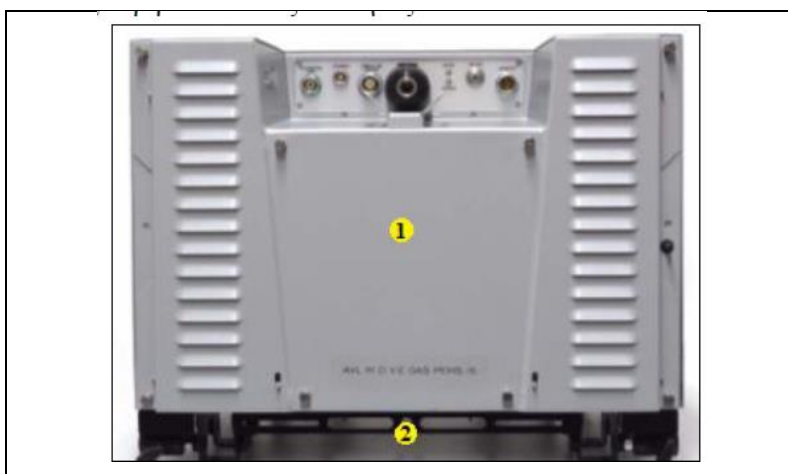
### Εξαρτήματα του AVL Gas PEMS iS

- Το σύστημα AVL Gas PEMS iS αποτελείται από τα ακόλουθα στοιχεία: - Φορέας: για την τοποθέτηση του συστήματος μέτρησης στον κοτσαδόρο του οχήματος.



Εικόνα 7.2: Φορέας εγκατάστασης PEMS

- Πλαίσιο στήριξης: για τη γρήγορη και εύκολη τοποθέτηση της βάσης της μονάδας και των φορέων των θερμαινόμενων γραμμών επί του προαναφερθέντα φορέα ή για την εγκατάσταση της βάσης της μονάδας στο εσωτερικό του οχήματος.
- Μονάδα βάσης (AVL Gas PEMS iS): μπορεί να εγκατασταθεί στο εσωτερικό του οχήματος, εάν κριθεί απαραίτητο.



Εικόνα 7.3: Πίσω όψη κεντρικής μονάδας PEMS

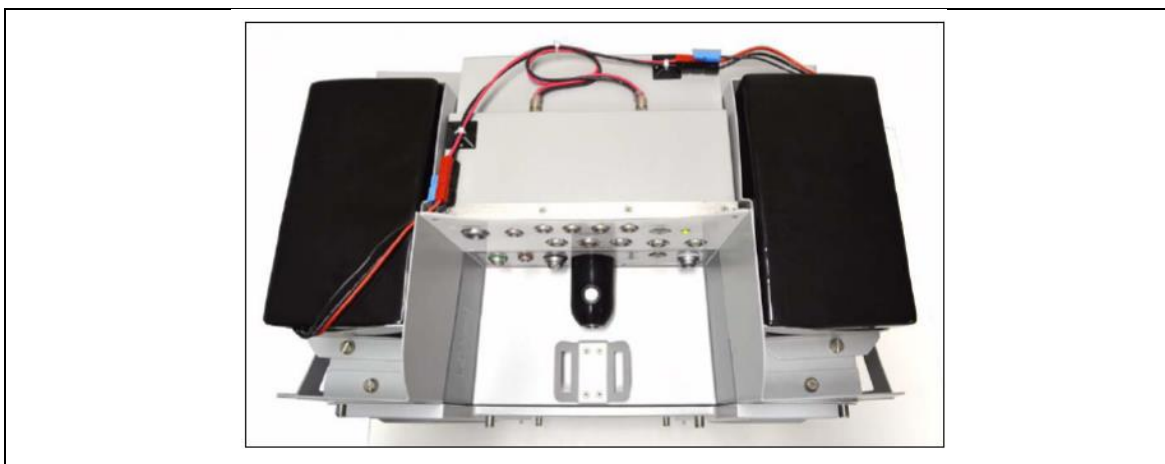
- Φορείς θερμαινόμενων γραμμών: για την ελέγκτη ευθυγράμμιση του θερμαινόμενου αγωγού δειγματοληψίας



Εικόνα 7.4: Φορείς θερμαινόμενων γραμμών

Ορισμένα επιπλέον προαιρετικά στοιχεία είναι τα ακόλουθα:

- E-Box: για τη φορητή φόρτιση του συστήματος μέτρησης με τη χρήση επαναφορτιζόμενων μπαταριών



Εικόνα 7.5: E-Box

- Μονάδα βαθμονόμησης (eCAL): για τη βαθμονόμηση και τη γραμμικοποίηση του συστήματος, εάν αυτό είναι απαραίτητο





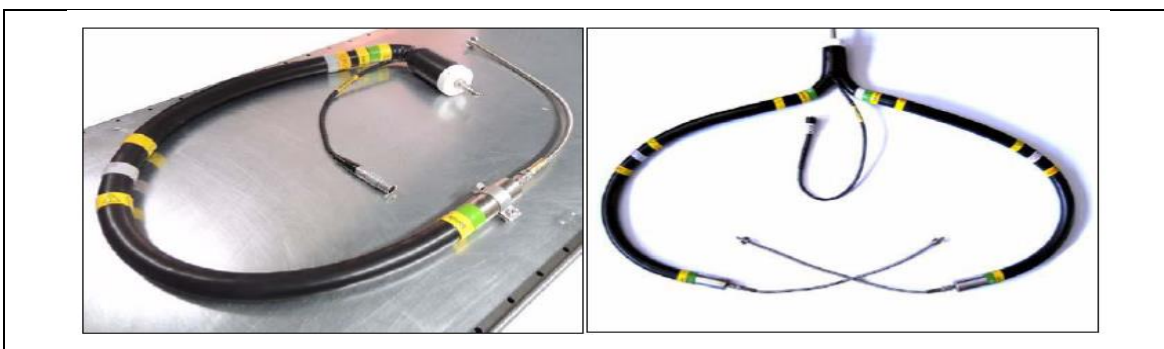
### Εικόνα 7.6: Μονάδα βαθμονόμησης (eCAL)

- Μονάδα φόρτισης/Πηγή ενέργειας: για τη λειτουργία της διάταξης μέσω του συστήματος τροφοδοσίας και για την επαναφόρτιση των μπαταριών



### Εικόνα 7.7: Μονάδα φόρτισης/Πηγή ενέργειας

- Θερμαινόμενος αγωγός δειγματοληψίας (100 °C): για τη δειγματοληψία των καυσαερίων χρησιμοποιώντας μονό ή διπλό αγωγό λήψης, διατιθέμενος σε διάφορα μήκη



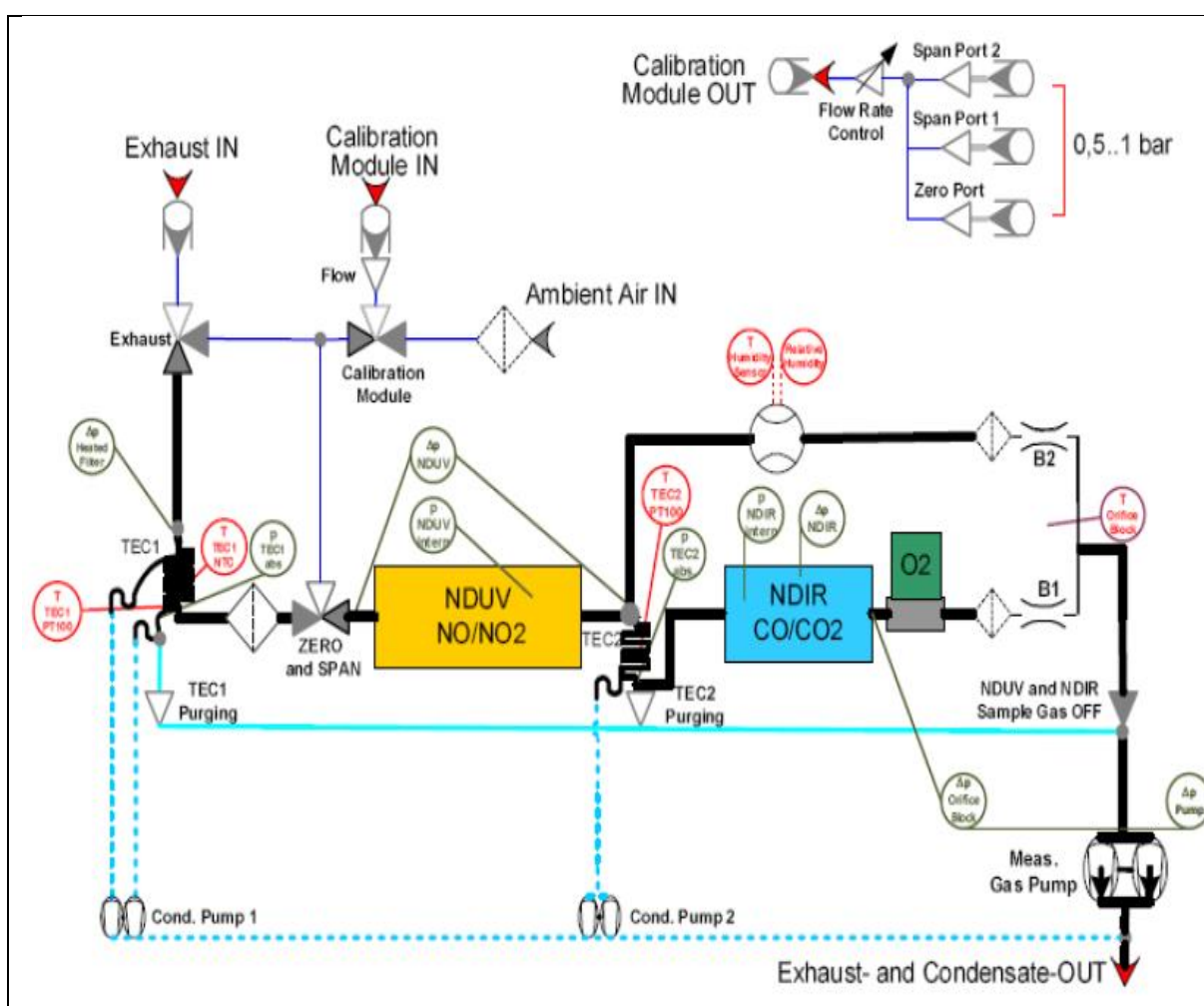
### Εικόνα 7.8: Μονός και διπλός θερμαινόμενος αγωγός δειγματοληψίας

## 7.6 Διαδικασία μέτρησης

Η βασική λειτουργική αρχή της συσκευής έχει ως εξής:

- Μια ροή της τάξεως των περίπου 2 l/min πρωτογενών καυσαερίων μεταφέρεται στη συσκευή μέσω μιας θερμαινόμενης γραμμής δειγματοληψίας
- Στο φίλτρο, το οποίο είναι ενσωματωμένο στο τέλος της θερμαινόμενης γραμμής δειγματοληψίας, τα σωματίδια αφαιρούνται από τα πρωτογενή καυσαέρια
- Αφού εγκαταλείπει το θερμαινόμενο φίλτρο η ροή αερίου προ-ψύχεται μέσω των συνθηκών του περιβάλλοντος και μεταφέρεται μέσα σε έναν διβάθμιο ψύκτη
- Μετά το πρώτο στάδιο του ψύκτη, η ροή αερίου περνά μέσω του αναλυτή NDUV, όπου μετρώνται χωριστά σε δύο διαφορετικές ροές τα NO και NO<sub>2</sub>
- Μία εκ των δύο αυτών ροών περνά μέσα από τον δεύτερο ψύκτη: τα CO και CO<sub>2</sub> μετρώνται μέσω του αναλυτή NDIR και το οξυγόνο μετριέται από έναν αισθητήρα O<sub>2</sub>. Η δεύτερη ροή καθοδηγείται ως ροή παράκαμψης
- Και οι δύο ροές περιορίζονται από τις κρίσιμες διατομές του μπλοκ διατομών

- Στους δύο θερμοηλεκτρικούς ψύκτες το συσσωρευμένο συμπύκνωμα και μια μικρή ποσότητα αερίου δείγματος αναρροφώνται μέσω δύο ξεχωριστών κυκλωμάτων αντλίας
- Στο τμήμα του μπλοκ διατομών, οι δύο ροές επανενώνονται, περνούν μέσω της δειγματοληπτικής αντλίας, ενώνονται με τη ροή συμπυκνώματος, που προέρχεται από τις αντλίες συμπυκνωμάτων και τελικώς οδηγούνται εκτός της συσκευής μέσω της εξόδου αποστράγγισης
- Οι αναλυτές NDUV και NDIR, καθώς και ο αισθητήρας O<sub>2</sub> καταγράφουν τις αντισταθμισμένες, μέσω της πίεσης, συγκεντρώσεις των συστατικών των καυσαερίων σε ppm ή vol % (AVL M. O. V. E SYSTEM CONTROL TM, 2015)



Εικόνα 7.9: Διάγραμμα λειτουργίας μετρήσεων

## 8. Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί ένα πολύπλοκο και πολύπλευρο πρόβλημα της σημερινής εποχής, το οποίο οφείλεται κυρίως στις χερσαίες μεταφορές, οι οποίες αυξάνονται χρόνο με τον χρόνο, κυρίως λόγω της ανάγκης μεταφοράς εμπορευμάτων. Γίνεται κατανοητό ότι ο προσδιορισμός των συνεπειών, όπως επίσης και η εξεύρεση λύσεων για το παρόν φαινόμενο, είναι ένα δύσκολο, χρονοβόρο και υψηλό σε κόστος εγχείρημα. Εντούτοις, κρίνεται απαραίτητο και αναγκαίο.

Είναι αλήθεια ότι τα τελευταία χρόνια γίνονται τεράστιες προσπάθειες από κυβερνητικούς φορείς και μη για τον εντοπισμό, την κατανόηση και την διαχείριση του προβλήματος της αέριας ρύπανσης. Πιο συγκεκριμένα, τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται πολύ έντονα η μεγάλη ποσότητα συγκέντρωσης αέριων ρύπων σε μικρές γεωγραφικές περιοχές, όπως αστικά κέντρα ή βιομηχανικές ζώνες, με αποτέλεσμα τη διατάραξη της ισορροπίας της περιοχής, η οποία σε κάθε περίπτωση φαίνεται να επηρεάζει την υγεία και την ποιότητα ζωής των κατοίκων.

Τα παραπάνω οδήγησαν στην θέσπιση αυστηρότερων ορίων στις εκπομπές των οχημάτων. Αυτό με τη σειρά του είχε ως αποτέλεσμα εκτός από την αναμενόμενη βελτίωση της ποιότητας του αέρα και κατά συνέπεια του ανθρώπινου βίου, τη βελτίωση των αυτοκινήτων. Επιπλέον, στη διάρκεια των χρόνων σημειώθηκε σημαντική εξέλιξη στην κατασκευή νέων οχημάτων από τις κατασκευαστικές εταιρείες, σε μια προσπάθεια να μειώσουν τους ρίπους μέσα από τον καλύτερο σχεδιασμό του κινητήρα, την βελτίωση των καυσίμων, την μετεπεξεργασία των ρύπων, των λιπαντικών, των φίλτρων και των παγίδων, ώστε να μπορέσουν να ανταποκριθούν στα νέα πρότυπα.

Από την άλλη πλευρά, σημειώθηκαν αρκετές παρατυπίες των εταιριών της αυτοκινητοβιομηχανίας, οι οποίες επιδίωκαν τη βελτίωση, την πρωτοτυπία και το κέρδος. Ένα από τα μεγαλύτερα σκάνδαλα ήταν του γνωστού κολοσσού της VW. Η εν λόγω εταιρία για μια περίοδο παρουσίαζε τις χαμηλότερες τιμές σε εκπομπές αέριων ρύπων στα diesel οχήματα. Μάλιστα το επίτευγμα αυτό προσέδωσε κύρος, πρωτοτυπία, διαφήμιση, επιδοτήσεις και φοροαπαλλαγές στην εταιρία. Σε μία προσπάθεια του κολοσσού να προλάβει τις τρέχουσες εξελίξεις, η συγκεκριμένη αυτοκινητοβιομηχανία οδηγήθηκε στη χρήση ενός παράνομου λογισμικού με απώτερο σκοπό την επίτευξη χαμηλότερων ρύπων, αντί να στραφεί στις νέες τεχνολογίες.

Σήμερα, η νέα διαδικασία δοκιμών δεν λαμβάνει υπόψη μόνο τον βασικό εξοπλισμό, αλλά και όλον τον προαιρετικό εξοπλισμό του αυτοκινήτου με σκοπό τον ακριβέστερο προσδιορισμό των εκπομπών CO<sub>2</sub>. Με τον τρόπο αυτό προκύπτουν ακριβείς μετρήσεις εκπομπών καυσαερίων για κάθε τύπο αυτοκινήτου, ανάλογα με την αεροδυναμική, το βάρος και την αντίσταση κύλισης. Επίσης, χάρη στο WLTP, θα μπορούμε, στο μέλλον, να αξιολογούμε καλύτερα την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές CO<sub>2</sub>

ενός αυτοκινήτου. Ασφαλώς, παρά τη μεγάλη ακρίβεια, δεν αποκλείεται να υπάρχουν και αποκλίσεις με αυτήν τη διαδικασία δοκιμών.

Επιπρόσθετα, τα καθημερινά επίπεδα κατανάλωσης και εκπομπών CO<sub>2</sub> εξακολουθούν να εξαρτώνται από τις εκάστοτε διαφορετικές συνθήκες τοπογραφίας, το κλίμα και την προσωπική τεχνική οδήγησης. Ταυτόχρονα, η κυκλοφοριακή κατάσταση, το τρέχον μεταφερόμενο φορτίο και η χρήση των διάφορων στοιχείων εξοπλισμού, όπως είναι το σύστημα κλιματισμού, αποτελούν περαιτέρω παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση ενός αυτοκινήτου. Ακόμη, είναι πασιφανές, ότι η χρήση του RDE, το οποίο ανταποκρίνεται στο πρότυπο WLTP και οι συνθήκες δοκιμών είναι πιο ρεαλιστικές από πριν και η καταγραφή δεδομένων από τις μετρήσεις μεταδίδονται στο κέντρο καταγραφής σε πραγματικό χρόνο, γεγονός που σημαίνει ότι, καθίσταται αδύνατη η παραποίηση των δεδομένων.

Ωστόσο η χρήση ενός συστήματος καταγραφής καυσαερίων RDE καθίσταται αδύνατη στα Κ.Τ.Ε.Ο. λόγω του ότι ο χρόνος είναι περιορισμένος και ήδη η πλειοψηφία των οδηγών το θεωρούν χάσιμο χρόνου. Βάση αυτών των δεδομένων και λόγω της μη επαρκούς ευαισθητοποίησης των Ελλήνων οδηγών σε θέματα ρύπανσης, προτείνεται η δημιουργία ενός κέντρου ελέγχου καυσαερίων, το οποίο να ανταποκρίνεται στο πρότυπο WLTP και να χρησιμοποιεί το σύστημα RDE. Σκοπός αυτού του κέντρου τίθεται η πραγματική καταγραφή των καυσαερίων για κάθε όχημα ανά 4-5 έτη και κατ' επέκταση η επιβολή φόρου σε όποιο όχημα διαπιστώνεται αυξημένη εκπομπή ρύπων. Η επιβολή φόρου θεωρείται αναγκαία, ώστε όλοι οι πολίτες να επιδιώκουν χαμηλότερους ρύπους. Αυτό με τη σειρά του θα οδηγήσει στη μείωση της ρύπανσης.

Τέλος, γίνεται κατανοητό ότι για την αντιμετώπιση της αέριας ρύπανσης, μεγάλη ευθύνη έχει το κράτος, το οποίο οφείλει να σχεδιάσει νέες υποδομές και να οργανώσει τους πολίτες, ώστε κάθε πόλη να μεταμορφωθεί από μια συμβατική πόλη αυτοκινήτου σε μια πόλη του ποδηλάτου, του τραμ, του μετρό, των λεωφορείων. Επιπλέον ευθύνη έχουν οι πολίτες, οι οποίοι οφείλουν να συμμορφωθούν στα νέα δεδομένα. Για αυτό το λόγο, απαιτείται η παροχή κινήτρων προς τους πολίτες και η ευαισθητοποίησή τους προς αυτή την κατεύθυνση. Η προσπάθεια για τον περιορισμό της χρήσης του οχήματος είναι συλλογική και πρέπει να ξεκινάει μέσα από τους πυρήνες της οικογένειας και του σχολείου και να επεκτείνεται στα μέσα μαζικής ενημέρωσης και στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης. Καταληκτικά, μια κοινή προσπάθεια εκ μέρους των πολιτών, των κυβερνήσεων και των αυτοκινητοβιομηχανιών μπορεί να οδηγήσει σε μια ουσιαστική αντιμετώπιση και λύση της αέριας ρύπανσης.

## 9. Βιβλιογραφία

### 9.1 Ελληνόγλωσση

Αλαφούζος Α.Ι. (2009), *Εκτίμηση εκπομπών καυσαερίων κατά τη διάρκεια του Ευρωπαϊκού Κύκλου Πόλης βαρέων οχημάτων* ( Διπλωματική Εργασία)

Αρκούλης Ν. (2013), *Συστήματα τροφοδοσίας κινητήρων Common Rail*, Ημερίδα Πετρελαιοκίνηση

Γαζής Ν., Παύλου Δ. (2012), *Ατμοσφαιρική ρύπανση από τα αυτοκίνητα και τρόποι αντιμετώπισης με αντιρρυπαντικές τεχνολογίες*, (Αδημοσίευτη Πτυχιακή Εργασία). Τ.Ε.Ι. Καβάλας

Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (2006), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32006L0096&from=EL> (αναρτήθηκε: 20/12/2006)

Ζάνης Π. (2008), *Σημειώσεις για την ρύπανση και Χημεία της Ατμόσφαιρας*, Θεσσαλονίκη

Ζιώμας Ι., Ρεμουντάκη Ε. (2004), *Η ατμόσφαιρα ως αποδέκτης αποβλήτων*, βιβλίο, ΕΑΠ., Πάτρα.

Καραγιάννης Π. (2014), *Συσχετισμός συνθηκών κίνησης οχημάτων με εκπομπές καυσαερίων και κατανάλωση καυσίμου*, (Αδημοσίευτη Πτυχιακή Εργασία), Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης

Κουτούση Β. (2014), *Καταλυτική αντιμετώπιση πτητικών οργανικών ρύπων (VOCS):παρούσα κατάσταση και προοπτικές*, (Αδημοσίευτη Διπλωματική Εργασία), Τμήμα Χημείας, Πολυτεχνείο Κρήτης

Ρακόπουλος Κ. Δ., Χουντάλας Δ.Θ. (1998), *Καύση – Ρύπανση Εμβολοφόρων Μηχανών Εσωτερικής Καύσης*, Εκδόσεις Ε.Μ.Π.

Τζιράκης Ε. ( 2007), *Συσχετισμός εκπομπών με φυσικοχημικές ιδιότητες των καυσίμων και με δεδομένα από την κίνηση των οχημάτων στο λεκανοπέδιο της Αττικής*, ΕΜΠ

TOSYNERGEIO. (2017), <http://www.tosynergeio.gr/teknika/perivallon-texnologies-antirypansis/neos-kiklos-dokimwn>

### 9.2 Ξενόγλωσση

AEA (2011), *Annex- Effect of regulations and standards on vehicle prices Final Report to the European Commission – Report for Directorate General Climate Action*

Ajanovic A., Haas R. (2012), *The impact of more efficient but larger new passenger cars on energy consumption in EU -15 countries*, Energy, vol. 48, issue 1, p.p. 346-355

Austin T., DiGenova F.J., Carlson T.R., Joy R.W. , Gianolini K.A., Lee J.M. (1993), *Characterisation of driving patterns and emissions from light duty vehicles in California*, The Final Report, Sacramento, Air Research Board, A, California

AVL M. O. V. E SYSTEM CONTROL TM (2015), Product Guide

AVL GAS PEMS iS (2014), Product Guide

Barrett S., Speth R., Easthan S., Dedoussi I., et al.(2015), *Impact of the Volkswagen emissions control defeat device on US public health*, Environment Research Letters, vol. 10, numb. 11

Bielaczyc, P.; Woodburn, J.; Szczotka, A. (2015), *A comparison of Carbon Dioxide exhaust emissions and fuel consumption for vehicles tested over the NEDC, FTP-75 and WLTC chassis dynamometer test cycles*. SAE Technical Paper

Bigelow P. (2015), *West Virginia researcher describes how Volkswagen got caught* (Published: 28/9/2015)

Brand C. (2016), *Beyond “Dieselgate”: Implications of unaccounted and future air pollutant emissions and energy use for cars in the United Kingdom*, Energy Policy, Volume 97, p.p. 1-12

C.D. Rakopoulos, E.G. Giakoumis (2009) *“Diesel engine transient operation”*, Springer, London.

Colin R. Ferguson – Alan T. Kirkpatrick (2001), *Μηχανές Εσωτερικής Καύσης*, Εκδόσεις Grapholine

Colombo M., Koltsakis G., Nova I., Tronconi E. ( 2012), *Modelling the ammonia adsorption-desorption process over an Fe-zeolite catalyst for SCR automotive applications*, Catalysis Today, vol. 188, p.p. 42-52

Clapp, L.J., Jenkin, M.E., (2001), *Analysis of the relationship between ambient levels of O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> and NO as a function of NO<sub>x</sub> in the UK*, Atmospheric

Cremer A., Orr B. (2016), *VW diesel recalls in Germany delayed by weeks* (Published: 17/3/2016)

Davies A.(2015), *VW Owners Aren't Going to Like the Fixes for Their Diesels*, Wired (Published:1/10/2015)

Degraeuwe, B., & Weiss, M. (2017). Does the New European Driving Cycle (NEDC) really fail to capture the NOX emissions of diesel cars in Europe? *Environmental Pollution*, 222, 234–241. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.12.050>

EC (715/2007), *Of the European parliament and of the council*, Articles 3, vol.5, issue 13, p. 5–9

EC (2009), *Off. J. Eur. Union*, L140, pp. 88-113

EEA (European Environmental Agency), (2017a). Emissions of the main air pollutants in Europe, <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/main-anthropogenic-air-pollutant-emissions/assessment-5> (Published: 15/8/2017)

EPA (2015), Volkswagen cheated emissions standards on 2009 to 2016 diesel vehicles USA Today (Published: 21/11/2015)

EU (2016), European Commission 2016/427 of 10 March 2016. s.l. .:

European Environment Agency (2015), <http://prtr.ec.europa.eu/>

Ewing J. (2015), *Volkswagen Stock Falls as Automaker Tries to Contain Fallout*, New York Times (Published: 21/9/2015)

Ewing J. (2018), *Ex-Volkswagen C.E.O. Charged With Fraud Over Diesel Emissions*, New York Times, (Published: 5/5/2018)

Farmer S.A., Nelin T.D., Falvo M.J., Wold L.E. (2014), Ambient and household air pollution: complex triggers of disease. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, vol.4, issue 307, p.p. 467–476

Gardner T., Lienert P., Morgan D. (2015), *After year of stonewalling, VW stunned US regulators with confession*, Reuters (Published: 25/9/2015)

Geuss M.(2015), *Germany approves 30 minutes software update fix for cheating Volkswagen diesels*, *Ars Technica* (Published: 17/12/2015)

Gibbs N. (2015), Automakers defend diesels, call them key to meeting CO2 goals, *Automotive News Europe e- magazine*, <http://europe.autonews.com/article/20150413/ANE/150409988/automakers-defend-diesels-call-them-key-to-meeting-co2-goals> (Published: 13/4/2015)

Gillespie, T.D. (1992). „Fundamentals of vehicle dynamics““, SAE International, Warrendale, PA

Happo MS, Sippula O, Jalava PI, Rintala H, Leskinen A, Komppula M, Kuuspalo K, Mikkonen S, Lehtinen K, Jokiniemi J, Hirvonen MR (2014), *Role of microbial and chemical composition in toxicological properties of indoor and outdoor air particulate matter*, Part *Fibre Toxicol*, vol.11 p. 60

Hastdutoene G. (2011), *The development of pollution reduction in the European Union from the beginning to the present Euro 6 on the restriction of petrol engines*

Holder M. (2015), *Air pollution 'costs UK economy £54 billion a year'*. London: Environment Media Group (Accessed 27/10/ 2016)

Holland, S.P., Mansur, E.T., Muller, N.Z., Yates, A.J., (2006), *Damages and Expected Deaths Due to Excess NOx Emissions from 2009 to 2015 Volkswagen Diesel Vehicles*, Environmental Science and Technology, vol.50, issue 3, p.p. 1111-1117

İbrahim Aslan Reşitoğlu, Kemal Altinişik, Ali Keskin (2015), *The pollutant emissions from diesel-engine vehicles and exhaust aftertreatment systems*, Review

Khreis H., Kelly C., Tate J., Parslow R., Lucas K., Nieuwenhuijsen M. (2017), *Exposure to traffic-related air pollution and childhood asthma risk: Systematic review and post-analysis*, Environment International, vol. 100, p.p. 1-31

Kumar P, Morawska L, Martani C, et al. (2015), *The rise of low-cost sensing for managing air pollution in cities*. Environ Int, vol.75, p.p.199–205

Mackay D, Haw S, Ayres JG, Fischbacher C, Pell JP. (2010), *Smoke-free legislation and hospitalizations for childhood asthma*. N Engl J Med, vol.363, p. p 1139–1145

Majewski W. A.( 2001), *Diesel Particulate Filters*, www.DieselNet.com (Published: 6/5/2011)

Martini, G.; Manfredi, U.; De Gennaro, M. (2013), *Gaseous emissions from Euro 3 motorcycles and Euro 5 passenger cars measured over different driving cycles*. SAE Technical Paper

Michel Andre, (2004), *The ARTEMIS European driving cycles for measuring car pollutant emissions*, σελ. 2-5

Mock, P. (2011), *Development of a Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure (WLTP)*. International Council on Clean Transportation ICCT, Working Paper 2011–7

Mock, P., German, J., Bandivadekar, A., Riemersma, I., Ligterink, N., and Lambrecht, U. (2012), *From laboratory to road. A comparison of official and 'real-world' fuel consumption and CO2 values for cars in Europe and the United States*. ICCT White Paper

Mock, P.; Kühlwein, J.; Tietge, U.; Franco, V.; Bandivadekar, A.; German, J. (2014), *The WLTP: How a new test procedure for cars will affect fuel consumption values in the EU*. ICCT White Paper



Mortsiefer H. (2015), *Israeli intelligence apparently gave evidence of VW manipulations*, Tagesspiegel, <https://www.tagesspiegel.de> (Published: 9/2/2017)

Oliver C., Brunsten J., Vasagar V., Pickard J. (2015), *EU warned on devices at centre of VW scandal two years ago*, Financial Times (Published:27/9/2015)

Patel B., Patel K. (2012), *A Review Paper on Catalytic Converter for Automotive Exhaust Emission*, International Journal of Applied Engineering Research vol.7, p.p.1398-1402

Rateau A., Borghet W., Mastroleo M., Bardelli A. et al.(2017), *Development of a Novel Driver Model Offering Human like Longitudinal*, International Conference on Industrial, Advances in Artificial Intelligence, p.p.513-522

Reuters (2015), Volkswagen admits rigging of 8 mln cars in EU –Handelsblatt, <https://www.reuters.com/article/volkswagen-emissions-eu/volkswagen-admits-rigging-of-8-mln-cars-in-eu-handelsblatt-idUSL8N12548G20151005> (Published: 5/10/2015)

Schoenhaber J., Kuehn N., Bradler B., Richter J.M., Bauer S. et al. (2017), Impact of European Real – Driving – Emissions Legislation on Exhaust Gas Aftertreatment Systems of Turbocharged Direct Injected Gasoline Vehicles, SAE Technical Paper Seinfeld H., Pandis N. (2006), Chemistry of the troposphere, Atmospheric Chemistry and Physics, Air Pollution to Climate Change

Sileghem, L.; Bosteels, D.; May, J.; Favre, C.; Verhelst, S. (2014), *Analysis of vehicle emission measurements on the new WLTC, the NEDC and the CADC Transportation Research part D*

Steininger N. (2015), *European trends of RDE tests on light-duty vehicles*, Brussels, June 2015

Thompson G, Carder D., et al. (2014), *In-Use Emissions Testing of Light-Duty Diesel Vehicles in the United States*, WVU Center for Alternative Fuels, Engines, and Emissions (Published: 22/9/ 2015)

Turns Stephen (2012), *An introduction to Combustion: Concepts and applications*, Published McGraw Hill

Tutuianu, M., Bonnel, P., Ciuffo, B., Haniu, T., Ichikawa, N., Marotta, A., Pavlovic, J., & Steven, H. (2015). Development of the World-wide harmonized Light duty Test Cycle (WLTC) and a possible pathway for its introduction in the European legislation. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 40, 61–75. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.07.011>

UNECE (2015), Regulation No. 83 – Revision 5. *Uniform Provisions Concerning the Approval of Vehicles with Regard to the Emission of Pollutants According to Engine Fuel Requirements*; UNECE: Geneva, Switzerland



Vicente Franco, Francisco Posada Sánchez, John German and Peter Mock (2014), *Real – World Exhaust Emissions from Modern Diesel Cars: a meta – analysis of PEMS emissions data from EU (Euro 6) and US (Tier 2 BIN 5/ULEV II) Diesel Passenger Cars*, Technical Paper, ICCT

Volkswagen (2016), *VW plans huge investment to become electric cars leader*, BBC News (Published: 18/6/2016)

Weiss M., Bonnel P., Hummel R., Provenza A., Manfredi U. (2011), *On-road emissions of light-duty vehicles in Europe*, Environ. Sci. Technol.

Winterbone, D.E., Benson, R.S., Mortimer, A.G., Kenyon, P., Stotter, A., (1977). „Transient response of turbocharged diesel engines“, SAE Paper 770122

Wltpfacts.eu (2018), ACEA