



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Σχολή Χημικών Μηχανικών

Τομέας IV – Σύστασης και Ανάπτυξης Βιομηχανικών Διαδικασιών

Εφαρμογές Σύγχρονων Τεχνολογιών στον Συσχετισμό Κατανάλωσης Καυσίμου - Συνθηκών Κίνησης Οχημάτων

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΓΕΩΡΓΑΝΤΖΑΚΟΥ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ



Επιβλέπων Καθηγητής

Ζαννίκος Φανούριος

Αθήνα, 2017

Στους γονείς μου και τον αδερφό μου,

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου Φ.Ζαννίκο για την κατανόηση και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε από την πρώτη στιγμή της ανάθεσης αυτού του θέματος, αλλά και για την ειλικρίνιά του και τις χρήσιμες συμβουλές του. Ακόμη, αυτή η εργασία θα ήταν ανέφικτο να ολοκληρωθεί χωρίς την πολύτιμη καθοδήγηση, την ενθάρρυνση και την υποστήριξη του διδάκτορα Ε.Τζιράκη. Επιπροσθέτως, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον τελειόφητο της Σχολής Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ, Π.Κυριακό για την στήριξη και τις αναλυτικές επεξηγήσεις του πάνω στο υπολογιστικό κομμάτι του matlab. Ωστόσο, δεν θα μπορούσα να ξεχάσω τους φίλους, συμφοιτητές μου, και γενικά όλους όσους είχα την ευκαιρία να μοιραστώ αυτό το όμορφο ταξίδι των σπουδών μου. Τελευταία στην σειρά, μα πρώτη στη σημασία είναι η οικογένειά μου και ειδικότερα θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου, Θοδωρή και Ελένη και στον αδερφό μου Κωνσταντίνο, που είναι πάντα δίπλα μου και με υπομονή και επιμονή αλλά και με την απέραντη και ανιδιοτελή αγάπη τους με ωθούν να μετατρέπω τα όνειρά μου σε στόχους ζωής και να μην παραιτούμαι ποτέ, ακόμη και στις πιο δύσκολες στιγμές.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συνεχώς αυξανόμενη χρήση των οχημάτων για τις καθημερινές μεταφορές των πολιτών, συμβάλλει καθοριστικά στη ρύπανση και την υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος. Έτσι, τα σύγχρονα παγκόσμια πρότυπα επικεντρώνονται στην ανάγκη της μείωσης των εκπομπών αέριων ρύπων CO₂ καθώς και της αύξησης της οικονομίας καυσίμων. Αυτές οι ανάγκες οδήγησαν τους ερευνητές αλλά και τους παραγωγούς αυτοκινήτων στην ανάπτυξη αντιπροσωπευτικών κύκλων οδήγησης (ΚΟ) που δίνουν πληροφορίες για την εκπομπή ρύπων, την κατανάλωση καυσίμων και γενικότερα το προφίλ κίνησης της εκάστοτε περιοχής. Οι “real world” κύκλοι οδήγησης απεικονίζουν τις πραγματικές συνθήκες κίνησης και γι’ αυτό το λόγο προτιμώνται αφού είναι πιο ρεαλιστικοί.

Στην παρούσα μελέτη επιλέγεται να αναπτυχθούν Κύκλοι Οδήγησης με δεδομένα κίνησης από την περιοχή της Αθήνας “Real World Driving Cycles”. Αφού τα δεδομένα κίνησης αλλάζουν συνεχώς με το πέρασμα των χρόνων. Συνεπώς, δημιουργώντας έναν επικαιροποιημένο ΚΟ της Αθήνας γίνεται εφικτή η συσχέτιση κατανάλωσης καυσίμου με τις συνθήκες κίνησης και η εκτίμηση εκπομπών αέριων ρύπων των οχημάτων. Με αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται ο έλεγχος της κατανάλωσης καυσίμου και των αέριων εκπομπών, με αποτέλεσμα την προστασία του περιβάλλοντος και τις καλύτερες συνθήκες διαβίωσης.

Η μεθοδολογία αντιμετωπίζει τρεις σημαντικούς στόχους: τη συλλογή δεδομένων, την επιλογή συγκεκριμένης διαδρομής, τον σχεδιασμό του χρονικού πλάνου των μετρήσεων και την ανάπτυξη κύκλων. Στην συνέχεια, με τη χρήση σύγχρονης τεχνολογίας και εξοπλισμού (Android smartphone, OBDII) καθώς και των προγραμμάτων Matlab και excel, πραγματοποιείται η ανάπτυξη του ΚΟ και εξάγονται αποτελέσματα για την υφιστάμενη κατάσταση κίνησης. Τέλος, προτείνονται ορισμένες επεμβάσεις έχοντας ως στόχο την επίτευξη εξοικονόμησης καυσίμου και μείωσης εκπομπών ρύπων.

ABSTRACT

The ever-increasing use of vehicles for the daily transport of citizens makes a decisive contribution to pollution and the demotion of the natural environment. Thus, modern global standards focus on the need to reduce CO₂ emissions and increase fuel economy. These needs led researchers and car manufacturers to develop representative driving cycles (DCs) that provide information on pollutant emissions, fuel consumption and generally, the speed profile of the area. "Real world" driving cycles reflect the actual driving conditions and are therefore preferred because they are more realistic.

In the present study, it is chosen to develop a representative "real world" DC for the area of Athens, as traffic data is constantly changing over the years. Consequently, by creating an updated DC of Athens, it is possible to relate the fuel consumption to the driving conditions and to estimate the emissions of gaseous pollutants of the vehicles. In this way, control of fuel consumption and gaseous emissions is achieved, resulting in the protection of the environment and better living conditions.

The methodology addresses three important goals: data collection, selecting a specific route, designing the timetable of measurements and developing cycles. Then, using upgraded technology and equipment (Android smartphone, OBDII) as well as, Matlab and Excel programs, the development of the DC takes place and results are exported for the current state of speed profile. In the end, some interventions are proposed with the aim of achieving fuel savings and emission reductions.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Ατμοσφαιρική Ρύπανση.....	9
1.1 Γενικά.....	9
1.2 Ορισμός	10
1.3 Πηγές Ατμοσφαιρικής Ρυπανσης	10
1.4 Κατηγορίες ατμοσφαιρικών ρύπων	13
1.5 Οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.....	15
1.6 Η ατμοσφαιρική ρύπανση στην Ευρώπη και στην Ελλάδα	17
1.7 Η σημασία των Μεταφορών στην ατμοσφαιρική ρύπανση	26
1.8 Η σημασία των οδικών μεταφορών στην ατμοσφαιρική ρύπανση.....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Καύσιμα μεταφορών	34
2.1 Γενικά.....	34
2.2 Βενζίνη.....	34
2.3 Πετρέλαιο κίνησης (Diesel)	36
2.4 Σύγκριση πετρελαίου κίνησης-diesel με βενζίνη	37
2.5 Εναλλακτικά καύσιμα.....	40
2.5.1 Βιοντίζελ	41
2.5.2 Βιοαιθανόλη	42
2.5.3 Υγραέριο / LPG (Liquefield Petroleum Gas)	43
2.5.4 Φυσικό αέριο / CNG (Compressed Natural Gas).....	43
2.5.5 Κινητήρες προπανίου	44
2.5.6 Υβριδικά οχήματα βενζίνης-ηλεκτρισμού.....	44
2.5.7 Επαναφορτιζόμενα Υβριδικά οχήματα	45
2.5.8 Ενεργειακές κυψέλες Υδρογόνου	45
2.5.9 Ηλεκτρικά οχήματα	46
2.5.10 Ηλιακά οχήματα	47
2.5.11 Ατμοκινητήρες.....	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Νομοθεσία Ε.Ε για τα όρια εκπομπών ρύπων.....	48
3.1 Γενικά.....	48
3.2 Νομοθεσία για τις εκπομπές ρύπων	48
3.3 Εξέλιξη ευρωπαϊκών προτύπων εκπομπών(Euro1,2,3,4,5,6)	49
3.4 Οι ευρωπαϊκές χώρες και η συμμόρφωσή τους στα επιτρεπόμενα όρια εκπομπών ..	54
3.5 Τι ισχύει τώρα.....	54
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Κύκλοι οδήγησης	55

4.1 Γενικά.....	55
4.2 Ταξινόμηση των κύκλων οδήγησης.....	56
4.2.1 Νομοθετημένοι κύκλοι οδήγησης και μη	56
4.2.2 Με βάση τον τρόπο Ανάπτυξής τους	56
4.3 Παραδείγματα Κύκλων Οδήγησης.....	57
4.3.1 Ευρώπη.....	58
4.3.2 Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής	63
4.3.3 Ιαπωνία.....	68
4.4 Παγκόσμια εναρμονισμένοι κύκλοι οδήγησης WLTP.....	70
4.4.1 Γενικά.....	70
4.4.2 WLTC κύκλοι οδήγησης	72
4.4.3 Πόσο αντιπροσωπευτικές είναι οι τυποποιημένες μετρήσεις σε σχέση με την πραγματική οδήγηση - Σύγκριση NEDC / WLTP.....	75
4.5 Υποχρεώσεις των εταιριών	78
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Δημιουργία Κύκλων Οδήγησης	78
5.1 Γενικά.....	78
5.2 Σκοπός πειραματικού μέρους.....	78
5.3 Εισαγωγή στο πείραμα – συλλογή δεδομένων.....	79
5.3.1 Δρομολόγια Α,Β για τη δημιουργία αντιπροσωπευτικού κύκλου οδήγησης.....	79
5.3.2 Συλλογή δεδομένων από τη Διαδικασία Αναζήτησης Θέσης Στάθμευσης για τη δημιουργία χαρακτηριστικού κύκλου οδήγησης Parking Procedure Driving Cycle (PPDC)	81
5.4 Συσκευές και εξοπλισμός	83
5.4.1 Συσσκευή OBD II - Pro Interface 327 BLUETOOTH	83
5.4.2 Ιδιωτικό αυτοκίνητο Hyundai – Accent 2000.....	85
5.4.3 Smartphone Samsung J1 με λογισμικό Android και GPS	86
5.5 Πλεονεκτήματα σύγχρονων τεχνολογικών μέσων σε σχέση με παλαιότερων	87
5.6 Μέθοδοι επεξεργασίας πραγματικών δεδομένων κίνησης	88
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 Ανάλυση δεδομένων – Αποτελέσματα.....	92
6.1 Αποτελέσματα – Αντιπροσωπευτικά προφίλ ταχύτητας.....	92
6.1.1 Αντιπροσωπευτικά προφίλ ταχύτητας για διαδρομή Α, Β.....	92
6.1.2. Αντιπροσωπευτικά προφίλ ταχύτητας για ΔΑΘΣ.....	97
6.2. Ανάλυση δεδομένων – Συγκριτικά Διαγράμματα.....	103
6.2.1 Διαγράμματα – Αποτελέσματα	103
6.3 Παρατηρήσεις – Συζήτηση αποτελεσμάτων	107

6.3.1 Σχόλια και Παρατηρήσεις αποτελεσμάτων	107
6.3.2 Σύγκριση με άλλους, ήδη υπάρχοντες Κύκλους οδήγησης	107
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 Συμπεράσματα – Προτάσεις	108
7.1 Συμπεράσματα	108
7.2 Προτάσεις	109
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	110

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Ατμοσφαιρική Ρύπανση

1.1 Γενικά

Η Γη ορίζεται σαν μια πολύπλοκη οντότητα η οποία συμπεριλαμβάνει τη βιόσφαιρα, την ατμόσφαιρα, τους ωκεανούς και το έδαφος. Σύμφωνα με τον Lovelock, ο οποίος σε συνεργασία με την Lynn Margulis διατύπωσε την υπόθεση της Γαίας το 1979, η Γη δρα σαν ένας ενιαίος ζωντανός οργανισμός, που διατηρεί τις απαραίτητες συνθήκες για την επιβίωσή του. Δηλαδή “είναι ένα αυτόματο σύστημα ανάδρασης το οποίο αναζητά ένα βέλτιστο φυσικό και χημικό περιβάλλον για την ζωή στον πλανήτη.”¹

Ωστόσο, ο πλανήτης Γη επηρεάζεται ολοένα από τις αυξανόμενες ενεργειακές ανάγκες του ανθρώπου (βιομηχανία, μεταφορές, θέρμανση κ.α), γεγονός που οδηγεί στην διαταραχή της ομοιόστατικής κατάστασής του. Τόσο η παραγωγή όσο και η κατανάλωση ενέργειας ασκούν σημαντικές πιέσεις στο περιβάλλον, θέτοντας έτσι σε κίνδυνο τα φυσικά οικοσυστήματα και απειλώντας σοβαρά την ανθρώπινη υγεία.

Με τη βιομηχανική επανάσταση (18^{ος} αιώνας) ξεκινάει η ουσιαστική επίδραση της ανθρώπινης δραστηριότητας στο περιβάλλον και συνεχίζει έως τις μέρες μας, επιφέροντας ποικίλα περιβαλλοντικά ζητήματα. Κάποια από αυτά είναι: το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η αραίωση της στρώσης του όζοντος, η ατμοσφαιρική ρύπανση, η ρύπανση των υδάτων, ο ευτροφισμός, η αλλαγή του κλίματος και η υπερθέρμανση του πλανήτη (global warming). Αυτές οι διαταραχές προκαλούν με τη σειρά τους μια σειρά από αλυσιδωτές συνέπειες, που τελικά καταλήγουν σε μια οικολογική κρίση, αφού απειλείται τόσο η επιβίωση του ανθρώπινου πληθυσμού όσο και η βιοποικιλότητα του πλανήτη.



Εικόνα1.1 Ο πλανήτης Γη

Ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα που καλείται να αντιμετωπίσει ο σύγχρονος πολίτης είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση.

1.2 Ορισμός

Ατμοσφαιρική ρύπανση ονομάζεται η παρουσία ρύπων στην ατμόσφαιρα, δηλαδή κάθε είδους ουσιών, θορύβου ή ακτινοβολίας σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια τέτοια ώστε να είναι δυνατόν να προκληθούν αρνητικές συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στα οικοσυστήματα.¹

Σε γενικές γραμμές, η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι μια κατάσταση ανισορροπίας της ατμόσφαιρας. Ενδεχομένως να οφείλεται στην αλλοίωση της σύστασης του ατμοσφαιρικού αέρα από εισαγωγή ξένων παραγόντων, είτε από φυσικές είτε από ανθρωπογενείς πηγές. Με αυτόν τον τρόπο ο αέρας καθίσταται επιβλαβής στις βιολογικές κοινότητες, γενικότερα, και στις ανθρώπινες κοινότητες, ειδικότερα.

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (W.H.O), η ατμοσφαιρική ρύπανση ορίζεται ότι «περιορίζεται σε καταστάσεις στις οποίες η εξωτερική περιβαλλοντική ατμόσφαιρα περιέχει υλικά σε συγκέντρωση η οποία είναι επιβλαβής για τους ανθρώπους και το γύρω περιβάλλον τους»^{2,3}.

1.3 Πηγές Ατμοσφαιρικής Ρυπανσης

Αντίθετα με την κοινή αντίληψη, το μεγαλύτερο ποσοστό των παραγόμενων αέριων ρύπων προέρχεται από καθαρά φυσικές πηγές. Με τον όρο φυσικές πηγές αναφερόμαστε στις πηγές εκπομπών αέριων ρύπων που δεν οφείλονται στην ανθρώπινη δραστηριότητα. Παρ' όλα αυτά οι ανθρωπογενείς εκπομπές είναι κυρίως υπεύθυνες για τα μεγάλα περιβαλλοντικά προβλήματα. Αυτό οφείλεται στην ανατροπή της φυσικής ισορροπίας αλλά και στην μεγάλη πυκνότητα των εκπομπών από ανθρωπογενείς δραστηριότητες οι οποίες συγκεντρώνονται σε μικρές γεωγραφικές περιοχές (κυρίως αστικές περιοχές και βιομηχανικές ζώνες).

Αντίθετα, η καλή διασπορά των φυσικών πηγών ανά την υφήλιο προσφέρει τη δυνατότητα καλύτερης ανάμιξης των ρύπων με τον καθαρό αέρα. Κατά συνέπεια, με κάποιες μικρές εξαιρέσεις, οι εκπομπές αερίων ρύπων από φυσικές πηγές από μόνες τους δεν οδηγούν σε υψηλές συγκεντρώσεις.

Οι σημαντικότερες φυσικές πηγές είναι:⁴

1. Τα ηφαίστεια (κυρίως αιωρούμενα σωματίδια, διοξείδιο του θείου, υδρόθειο και μεθάνιο).
2. Οι πυρκαγιές δασών (κυρίως αιωρούμενα σωματίδια, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα).
3. Οι ωκεανοί και γενικότερα οι θαλάσσιες εκτάσεις (κυρίως χλωριούχο νάτριο και θειικά άλατα).
4. Βιολογική αποσύνθεση των φυτών και των ζώων (κυρίως υδρογονάνθρακες, αμμωνία και υδρόθειο).
5. Η αποσάθρωση του εδάφους (Εικόνα).
6. Τα φυτά και τα δέντρα (κυρίως υδρογονάνθρακες) .

Η ανθρωπογενής ρύπανση διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες:^{1,5}

1. Κοινωνική ονομάζεται η περιβάλλουσα ή εξωτερική ατμοσφαιρική ρύπανση την οποία υφίσταται το σύνολο του πληθυσμού.
2. Επαγγελματική ονομάζεται η ρύπανση του εργασιακού περιβάλλοντος την οποία υφίστανται συγκεκριμένες ομάδες η κατηγορίες εργαζομένων.
3. Προσωπική ρύπανση (κάπνισμα, διάφορα σπρέι κτλ)





Εικόνες 1.2 , 1.3 , 1.4 Πηγές ρύπανσης: α) Φυσική: αποσάθρωση του εδάφους, έκρηξη ηφαιστείου β) Ανθρωπογενής: καμινάδες βιομηχανιών

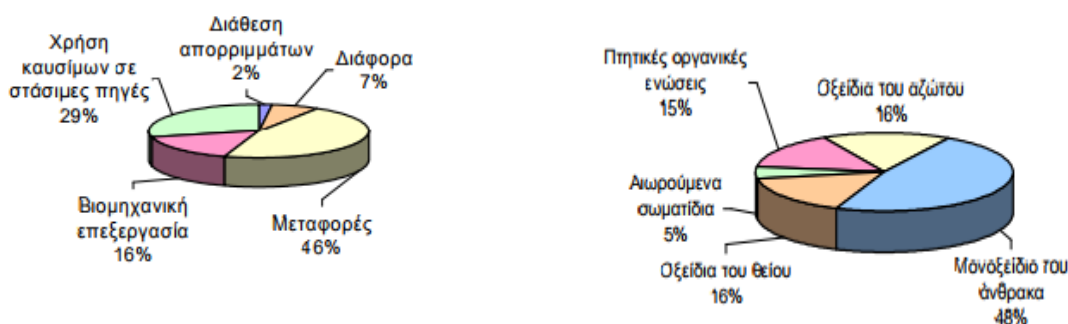
Οι κυριότερες ανθρωπογενείς πηγές είναι:

- Βιομηχανικές πηγές (καύσεις, επεξεργασία).
- Παραγωγή και μεταφορά ενέργειας.
- Μεταφορές.
- Κεντρική θέρμανση.

Πίνακας 1.1 Σημαντικότερες πηγές και τα κυριότερα συστατικά των αερίων αποβλήτων

Συστατικά	Πηγές					
	Σταθμοί παραγωγής ενέργειας	Κυκλοφορία οχημάτων	Οικιακή θέρμανση	Διύλιση πετρελαίου	Αποτέφρωση (υγρών ή στερεών αποβλήτων)	Χημικές και φαρμακευτικές βιομηχανίες
CO	*	*	*		*	
CO ₂	*	*	*		*	
SO _x	*	*	*	*	*	
NO _x	*	*	*	*	*	
HCs	*	*	*	*	*	
Σωματίδια	*	*	*		*	*
O ₃	*	*	*		*	
Άλλα	*	*	*	*	*	*

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε από τον παραπάνω πίνακα, αλλά και από τα διαγράμματα που ακολουθούν, δραστηριότητες που σχετίζονται με την παραγωγή ενέργειας μέσω της καύσης πρώτων υλών, καθώς και οι μεταφορές είναι οι σημαντικότερες πηγές απελευθέρωσης αερίων αποβλήτων στην ατμόσφαιρα. ⁶



Διάγραμμα 1.1. Κατανομή των ανθρωπογενών πηγών και των αέριων ρύπων που εκπέμπονται από αυτές στην ατμόσφαιρα.

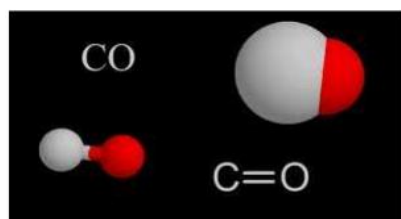
1.4 Κατηγορίες ατμοσφαιρικών ρύπων

Οι ατμοσφαιρικοί ρυπαντές στις πόλεις αποτελούν κυρίως μείγμα πολλών διαφορετικών ρυπαντών, από τους οποίους μερικοί είναι ορατοί, όπως η σκόνη και η αιθάλη, ενώ πολλοί είναι άορατοι, όπως πολύ μικρά σωματίδια ή αέρια. Τα ορατά συστατικά είναι φανερά, ενώ τα μικρά σωματίδια και αέρια είναι αναμενόμενα.

Οι ρύποι μπορούν να διακριθούν σε δύο ομάδες:⁷

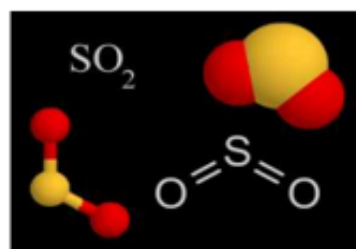
- Τους πρωτογενείς ρύπους – οι οποίοι προέρχονται απευθείας από μια διαδικασία, όπως η στάχτη από μια ηφαιστειακή έκρηξη ή το μονοξείδιο του άνθρακα από τις εξατμίσεις των οχημάτων. Δηλαδή εκπέμπονται απευθείας από τις διάφορες πηγές στην ατμόσφαιρα.
- Τους δευτερογενείς ρύπους – οι οποίοι προέρχονται από την αντίδραση αλληλεπίδραση των πρωτογενών ρύπων με την ατμόσφαιρα.

Σύντομη εισαγωγή για τους ατμοσφαιρικούς ρυπαντές



Μονοξείδιο του άνθρακα (CO) . Είναι ένα άοσμο, άχρωμο αέριο που παράγεται από την ατελή οξείδωση (καύση) του άνθρακα. Το μονοξείδιο του άνθρακα παράγεται φυσιολογικά από την οξείδωση του μεθανίου, στους ωκεανούς και την ατμόσφαιρα, το οποίο παράγεται κατά την οργανική αποσύνθεση. Στις πόλεις, η μεγαλύτερη πηγή μονοξειδίου του άνθρακα είναι τα μηχανοκίνητα οχήματα, παρότι μπορεί να παραχθεί από οποιαδήποτε διεργασία καύσης.

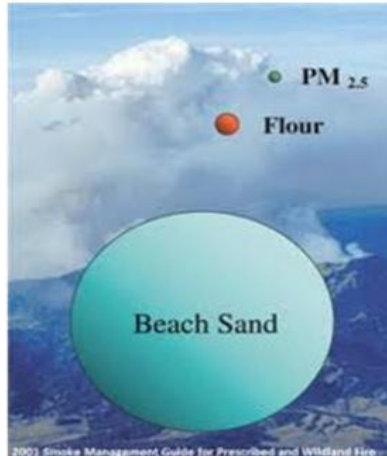
Διοξείδιο του θείου (SO₂) . Το διοξείδιο του θείου είναι αέριο, άχρωμο, άοσμο σε χαμηλές συγκεντρώσεις αλλά με έντονη ερεθιστική οσμή σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις. Προέρχεται τόσο από φυσικές όσο και από ανθρώπινες δραστηριότητες. Το 80% των ανθρωπογενών εκπομπών διοξειδίου του θείου προέρχεται από την καύση ορυκτών καυσίμων από σταθερές



πηγές (βιομηχανία, θέρμανση). Από αυτό, το 85% αποτελεί εκπομπές από σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ενώ μόνο το 2% οφείλεται στις εκπομπές του τομέα των μεταφορών. Σημαντικές πηγές αποτελούν επίσης τα διυλιστήρια πετρελαίου και τα εργοστάσια επεξεργασίας χαλκού. Επίσης, οι φυσικές διεργασίες, όπως ηφαιστειακές εκρήξεις, απελευθερώνουν συστατικά θείου. Το διοξείδιο του θείου διαλύεται στο νερό σχηματίζοντας θειικό οξύ το οποίο είναι εξαιρετικά διαβρωτικό

στη φύση. Είναι πολύ επιβλαβές για υλικά, φυτά και ζωικό ιστό. Μειώνει την ορατότητα της ατμόσφαιρας και αυξάνει την οξύτητα των επιφανειακών υδάτων (λιμνών και ποταμών). Τέλος, επιδρά στα δομικά υλικά και προκαλεί σημαντικές φθορές στο πολιτιστική μας κληρονομιά καθώς το H_2SO_4 προσβάλλει το ανθρακικό ασβέστιο των μαρμάρων και το μετατρέπει σε γύψο.

Αιωρούμενα σωματίδια (PM) . Με τον όρο αιωρούμενα σωματίδια, (Particulate Matter), χαρακτηρίζουμε τα, υγρά ή στερεά, σωματίδια που βρίσκονται σε ελεύθερη μορφή στον αέρα και έχουν κατάλληλες διαστάσεις και ειδικό βάρος που τους επιτρέπουν να παραμένουν σε αιώρηση για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Έχουν τυπικά διάμετρο από 0,01

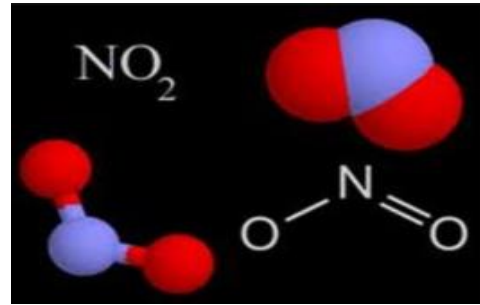


εώς 10 μm ενώ η χημική τους σύσταση ποικίλει και αντανακλά την πηγή από την οποία προέρχονται. Η σωματιδιακή ύλη σε συγκεντρώσεις απειλητικές για την υγεία μπορεί να ελευθερώνεται από διάφορες πηγές. Κύριες ανθρωπογενείς πηγές είναι οι βιομηχανικές δραστηριότητες και ειδικά η παραγωγή τσιμέντου και γύψου, τα χυτήρια μεταλλευμάτων, οι κατασκευές και οι αγροτικές δραστηριότητες. Σημαντικές φυσικές πηγές αποτελούν η διάβρωση των εδαφών και των πετρωμάτων, η ηφαιστειακή δραστηριότητα, το σπρέι της θάλασσας και η καύση της βιομάζας. Τα αιωρούμενα σωματίδια κατηγοριοποιούνται συνήθως σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με την διάμετρό τους: PM10 (εκείνα των οποίων η διάμετρος είναι μικρότερη από 10 μm). Τα PM2.5 και τα PM1.0 είναι εκείνα των οποίων η διάμετρος είναι μικρότερη από 2.5 και 1.0 μm , αντίστοιχα.⁸ Επίσης, σημαντικά είναι και αυτά με διάμετρο <0.1 μm (ultrafine PM) , με διάμετρο 2.5-10 μm (coarse PM) και όλα τα σωματίδια έως 45 μm (ολικά αιωρούμενα σωματίδια ή TSP).² Τα τελευταία με διάμετρο μεγαλύτερη από 10 μm συνήθως συγκρατούνται από τα τριχίδια της μύτης, και δεν εισέρχονται στην αναπνευστική οδό, έτσι δεν προκαλούν μεγάλη βλάβη, πέρα από τον ερεθισμό της μύτης και των οφθαλμών. Επίσης, είναι δυσκολότερο να ανυψωθούν από τον άνεμο και έχουν μεγάλες ταχύτητες καθίζησης, οπότε δεν παραμένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα στην ατμόσφαιρα.¹

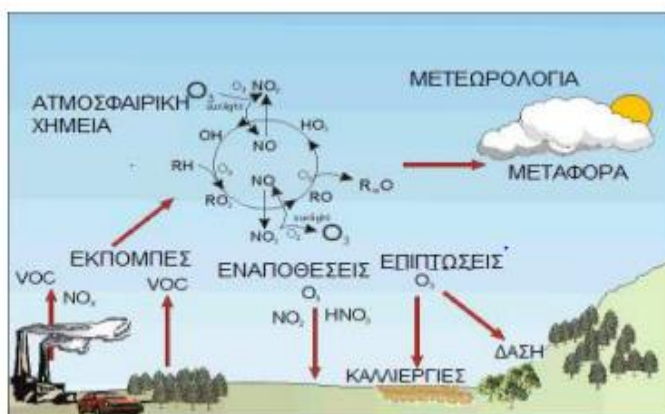
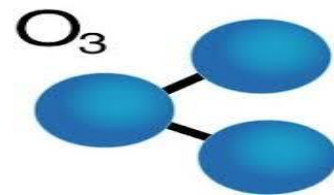


Μόλυβδος (Pb) . Ο μόλυβδος προστίθεται ως αντικροτικό στα καύσιμα. Η κύρια πηγή μολύβδου στην ατμόσφαιρα είναι τα καύσιμα των μηχανοκίνητων οχημάτων. Η εισαγωγή αμολύβδου καυσίμου το 1985 είχε ως αποτέλεσμα σημαντική μείωση του μολύβδου στην ατμόσφαιρα. Πλην των αυτοκινήτων, άλλες πηγές μολύβδου αποτελούν η χρήση γαιανθράκων, οι βαριές βιομηχανίες, τα χυτήρια μεταλλευμάτων, τα εργοστάσια μπαταριών και η καύση των απορριμμάτων. Ο μόλυβδος είναι ένα βαρύ μέταλλο, και η παρουσία του στο σώμα μπορεί να προκαλέσει βλάβη της εγκεφαλικής λειτουργίας, ειδικά σε παιδιά.

Οξειδία του αζώτου (NOx) . Η κύρια ανθρώπινη δραστηριότητα από την οποία παράγονται οξειδία του αζώτου είναι η καύση καυσίμων, ειδικά σε μηχανοκίνητα οχήματα, αλλά και σε βιομηχανικούς καυστήρες και σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Τα οξειδία του αζώτου σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα με την καύση των καυσίμων σε υψηλές θερμοκρασίες. Η παραγωγή των NOx γίνεται είτε από την οξείδωση του ατμοσφαιρικού αζώτου κατά τη διάρκεια της καύσης είτε κατά τη οξείδωση των αζωτούχων ενώσεων που περιέχονται στα καύσιμα. Το μεγαλύτερο μέρος από τις εκπομπές NOx γίνεται με τη μορφή του NO, το οποίο όμως οξειδώνεται γρήγορα προς NO₂. Το διοξείδιο του αζώτου, υπό την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, αντιδρά με υδρογονάνθρακες και οδηγεί στην παραγωγή όζοντος και τη δημιουργία φωτοχημικού νέφους. Επίσης, το NO₂ έχει συμβολή στην όξινη βροχή. Όλα αυτά τα NOx παραμένουν στην ατμόσφαιρα για αρκετές ημέρες, και στο διάστημα αυτό, μέσω χημικών διεργασιών υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να παραχθούν νιτρικό οξύ και διάφορα σωματίδια, όπως νιτρικά και νιτρώδη. Το διοξείδιο του αζώτου, σε μεγάλες συγκεντρώσεις, είναι ερεθιστικό για τον ανθρώπινο οργανισμό. Τέλος, λόγω της μετατροπής του σε οξύ προκαλεί διάβρωση στα μέταλλα και τα υλικά ενώ είναι τοξικό και για τη βλάστηση.^[4,5]



Όζον (O₃) . Το όζον είναι ένα άχρωμο αέριο , με έντονη οσμή και οξειδωτική δράση. Σχηματίζεται από τις χημικές αντιδράσεις μεταξύ δραστικών οργανικών αερίων και οξειδίων του αζώτου παρουσία του ηλιακού φωτός. Το όζον είναι ο κυριότερος ρύπος της φωτοχημικής ρύπανσης των πόλεων και γι' αυτό χρησιμοποιείται σαν δείκτης της. Είναι ένας από τους δευτερογενείς ερεθιστικούς ρυπαντές που υπάρχουν στην αιθαλομίχλη που δημιουργείται στις αστικές περιοχές. Ωστόσο, υπάρχει και το στρώμα του όζοντος στην στρατόσφαιρα σε ύψος 12-50 χιλιομέτρων. Αυτό αυτό το στρώμα όζοντος , σε αντίθεση με το όζον κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, είναι εξαιρετικά σημαντικό επειδή αποτρέπει την θανατηφόρα ηλιακή ακτινοβολία UV από το να φτάσει στο έδαφος.¹¹



1.5 Οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Η ατμοσφαιρική ρύπανση βλάπτει την υγεία του ανθρώπου και το περιβάλλον. Στην Ευρώπη, οι εκπομπές πολλών ατμοσφαιρικών ρύπων έχουν μειωθεί σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες με αποτέλεσμα τη βελτίωση της ποιότητας της ατμόσφαιρας

στην περιοχή. Ωστόσο, οι συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικών ρύπων παραμένουν σε υπερβολικά υψηλό επίπεδο και τα προβλήματα ποιότητας του αέρα εξακολουθούν να υπάρχουν. Σημαντικό ποσοστό του ευρωπαϊκού πληθυσμού κατοικεί σε περιοχές, ιδιαίτερα σε πόλεις, όπου παρουσιάζονται υπερβάσεις στα πρότυπα ποιότητας του αέρα: το όζον, το διοξείδιο του αζώτου και τα αιωρούμενα σωματίδια (ΑΣ) ενέχουν σοβαρούς κινδύνους για την υγεία.

Πολλές χώρες έχουν υπερβεί ένα ή περισσότερα από τα όρια εκπομπών του 2010 για τέσσερις σημαντικούς ατμοσφαιρικούς ρύπους. Ως εκ τούτου, το θέμα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης παραμένει σημαντικό.¹²



Εικόνα 1.5 Κάθε χρόνο περισσότεροι από 5,5 εκατομμύρια άνθρωποι παγκοσμίως πεθαίνουν από παθήσεις που σχετίζονται με την ρύπανση του αέρα τόσο σε ανοιχτούς όσο και σε κλειστούς χώρους, σύμφωνα με μια νέα διεθνή επιστημονική έρευνα¹²

Πάνω από τους μισούς θανάτους (το 55%) καταγράφονται στις ταχέως αναπτυσσόμενες και πολυπληθείς χώρες της Κίνας (1,6 εκατ. ετησίως) και της Ινδίας (1,3 εκατ. ετησίως). Ο κύριος «ένοχος» είναι τα μικροσκοπικά σωματίδια -γνωστά και ως PM_{2,5}- που εκπέμπονται από εργοστάσια, μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, εξατμίσεις οχημάτων και από την καύση ξύλων και άνθρακα.

(Οι ερευνητές του προγράμματος «Παγκόσμια Επιβάρυνση Ασθενειών», με επικεφαλής τον Μάικλ Μπάουερ, καθηγητή της Σχολής Δημόσιας Υγείας του καναδικού Πανεπιστημίου της Βρετανικής Κολομβίας, που έκαναν τη σχετική ανακοίνωση στο ετήσιο συνέδριο της Αμερικανικής Ένωσης για την Προώθηση της Επιστήμης (AAAS) στην Ουάσιγκτον, δήλωσαν ότι είναι επιτακτική ανάγκη πολλές χώρες να βελτιώσουν τον αέρα που αναπνέουν οι πολίτες τους.

Όπως είπε ο Μπάουερ, «υπάρχουν μέρες με τόση ρύπανση, που π.χ. στο Δελχί ή στο Πεκίνο ο αριθμός των μικροσωματιδίων PM_{2,5} ξεπερνά τα 300 γραμμάρια ανά κυβικό μέτρο αέρα, όταν θα έπρεπε να είναι 25-30 μικρογραμμάρια», δηλαδή είναι 1.200% πάνω από τα όρια ασφαλείας του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας.

Η εισπνοή τέτοιων στερεών ή υγρών σωματιδίων μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο για καρδιοπάθεια, εγκεφαλικό, αναπνευστικά προβλήματα, ακόμη και καρκίνο. Αν και οι ανεπτυγμένες χώρες έχουν πάρει μέτρα κατά τις τελευταίες πέντε δεκαετίες που έχουν μετριάσει το πρόβλημα, στις αναπτυσσόμενες προβλέπεται να συνεχίσει να αυξάνεται ο αριθμός των θανάτων λόγω ρύπανσης κατά τις επόμενες δύο δεκαετίες, εκτός και ληφθούν άμεσα και δραστικά μέτρα από τις κυβερνήσεις τους.

Σύμφωνα με την μελέτη, η ατμοσφαιρική ρύπανση προκαλεί περισσότερους θανάτους ετησίως από ό,τι άλλοι παράγοντες κινδύνου, όπως ο υποσιτισμός, η παχυσαρκία, το αλκοόλ, τα ναρκωτικά και το ανασφαλές σεξ. Η ρύπανση είναι τέταρτη κατά σειρά αιτία σε αριθμό θανάτων, πίσω από την υπέρταση, την κακή διατροφή και το κάπνισμα.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση συνδέεται με αύξηση του κινδύνου πρόωρου θανάτου

Έρευνα από την Ιατρική Σχολή και το Ιατρικό Κέντρο Langone του Πανεπιστημίου της Νέας Υόρκης, η οποία δημοσιεύθηκε στο περιοδικό περιβαλλοντικής υγείας "Environmental Health Perspectives", έδειξε ότι τα σωματίδια του αέρα είναι όντως επιβλαβή για την υγεία,

αυξάνοντας τη γενική θνησιμότητα, κυρίως τους θανάτους από καρδιαγγειακές νόσους, καθώς και τους θανάτους από αναπνευστικές παθήσεις στους μη καπνιστές.

Συγκεκριμένα, οι επιστήμονες διαπίστωσαν ότι ακόμη και μια μικρή αύξηση στην ποσότητα των μικροσκοπικών σωματιδίων 2,5 PM στην ατμόσφαιρα (π.χ. έως 10 μικρογραμμάρια ανά κυβικό μέτρο αέρα) έχει ως συνέπεια μια αύξηση κατά 3% των θανάτων από οποιαδήποτε αιτία και, ειδικότερα, μια αύξηση κατά 10% των θανάτων από καρδιά. Μεταξύ των μη καπνιστών, ο κίνδυνος πρόωρου θανάτου αυξάνει κατά 27% λόγω αναπνευστικών παθήσεων.)¹³

1.6 Η ατμοσφαιρική ρύπανση στην Ευρώπη και στην Ελλάδα

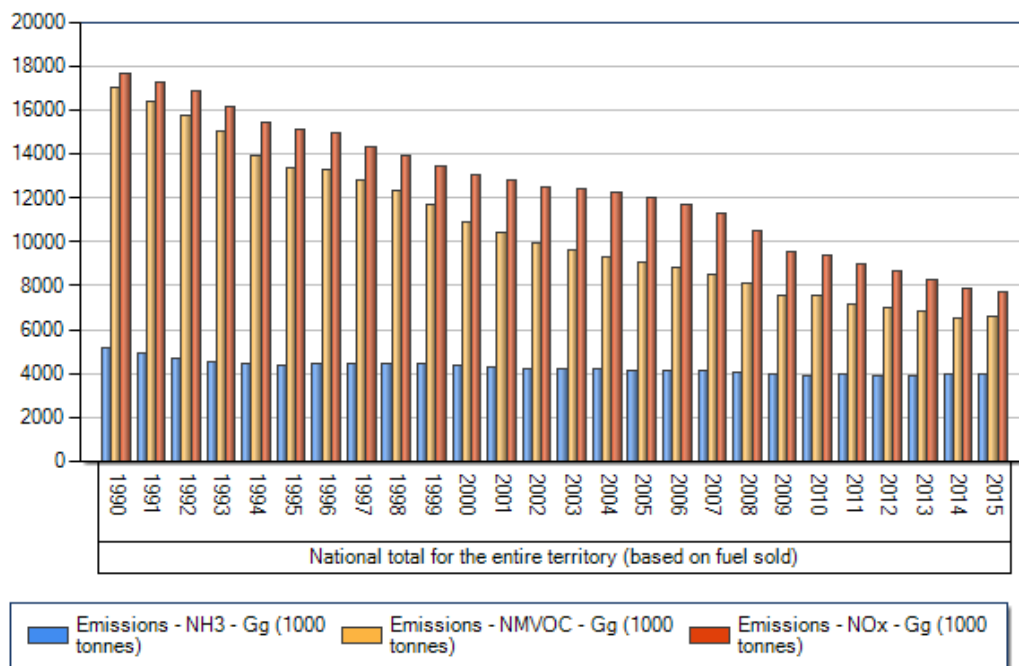
Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ένα τοπικό πρόβλημα όλης της Ευρώπης και του βόρειου ημισφαιρίου. Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι που εκλύονται σε μία χώρα ενδέχεται να μεταφερθούν στην ατμόσφαιρα και να επιδεινώσουν ή να καταστήσουν κακή την ποιότητα του αέρα σε μια άλλη περιοχή.

Πίνακας 1.2 Ευρωπαϊκές Χώρες και ατμοσφαιρικοί ρύποι
(<https://www.eea.europa.eu/highlights/many-european-countries2019-air-pollutant>)

COUNTRIES	PM10 (daily limit value)	O3 (target value)	NO2 (annual limit value)
Austria	0	13	1
Belgium	1	0	2
Bulgaria	97	0	0
Croatia	NA	NA	NA
Cyprus	6	0	0
Czech Republic	27	0	1
Denmark	0	0	2
Estonia	0	0	0
Finland	0	0	0
France	1	4	3
Germany	1	4	7
Greece	2	48	2
Hungary	29	7	0
Ireland	0	0	0
Italy	39	26	15
Latvia	4	0	4
Lithuania	3	0	0
Luxembourg	0	NA	0
Malta	100	NA	NA
Netherlands	0	0	2
Poland	84	0	1
Portugal	0	0	1
Romania	3	0	0
Slovakia	46	9	1
Slovenia	0	0	0
Spain	2	20	3
Sweden	0	0	1
United Kingdom	0	0	21
EU-28	16	7	7

The colour coding of exposure estimates refers to the fraction of urban population exposed to concentrations above the reference level:

0%	< 5%	5-50%	50-75%	> 75%
----	------	-------	--------	-------



Διάγραμμα 1.2 Συνολικές εκπομπές στην ΕΕ, 1990-2015(<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/air-emissions-viewer-lrtap>)

“Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι επιβλαβής για την υγεία μας και τα οικοσυστήματα. Μεγάλο τμήμα του πληθυσμού δεν ζει σε υγιές περιβάλλον, σύμφωνα με τα τρέχοντα πρότυπα. Για μια βιώσιμη πορεία, η Ευρώπη πρέπει να είναι φιλόδοξη και να μην περιορίζεται στις τρέχουσες νομοθετικές ρυθμίσεις.”

Hans Bruyninckx, εκτελεστικός διευθυντής του ΕΟΠ.

Γι' αυτό το λόγο κρίνεται αναγκαίο να λαμβάνονται μέτρα και να ελέγχονται οι οριακές τιμές των ρύπων σε τακτική βάση, έτσι ώστε να μειώνονται οι εκπομπές τους επιλέγοντας την πλέον κατάλληλη λύση σε κάθε περίπτωση.

Συγκεκριμένα, το Υπουργείο περιβάλλοντος και Ενέργειας δημοσιεύει καθημερινά Δελτίο Τιμών Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης.¹³

Ημερήσιο Δελτίο Τιμών Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

Αθήνα, 26/07/2017

Το ημερήσιο δελτίο ρύπων ενημερώνεται καθημερινά περίπου στις 2 μ.μ.

Σταθμοί Αττικής

	Σήμερα 26/07/2017 οι τιμές μέχρι τις 13:00 κυμάνθηκαν:	Χθες 25/07/2017 οι τιμές κυμάνθηκαν:
 Ozone	<ul style="list-style-type: none"> από 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό ΠΑΤΗΣΙΩΝ, μέχρι 139 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό ΘΡΑΚΟΜΑΚΕΔΟΝΕΣ 	<ul style="list-style-type: none"> από 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό ΠΑΤΗΣΙΩΝ, μέχρι 183 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό ΑΓ_ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
	Όρια : ενημέρωσης κοινού 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -- συναγερμού 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Οι μετρήσεις γίνονται σε ωριαία βάση	
 Nitrogen Dioxide	<ul style="list-style-type: none"> από 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό ΘΡΑΚΟΜΑΚΕΔΟΝΕΣ, μέχρι 139 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό ΠΑΤΗΣΙΩΝ 	<ul style="list-style-type: none"> από 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό ΘΡΑΚΟΜΑΚΕΔΟΝΕΣ, μέχρι 169 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό ΠΑΤΗΣΙΩΝ
	Όριο συναγερμού 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Οι μετρήσεις γίνονται σε ωριαία βάση	
 Sulfur Dioxide	<ul style="list-style-type: none"> από 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ, μέχρι 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό ΑΘΗΝΑΣ 	<ul style="list-style-type: none"> από 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό ΠΑΤΗΣΙΩΝ, μέχρι 64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό ΕΛΕΥΣΙΝΑ
	Όριο συναγερμού 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Οι μετρήσεις γίνονται σε ωριαία βάση	
 Sulfur Dioxide		<ul style="list-style-type: none"> από 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό ΠΑΤΗΣΙΩΝ, μέχρι 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό ΕΛΕΥΣΙΝΑ
	Οριακή τιμή 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (να μην υπερβαίνεται περισσότερες από 3 φορές το έτος) Οι τιμές είναι σε 24ωρη βάση.	
 Carbon Monoxide	<ul style="list-style-type: none"> από 0.2 mg/m^3 στο σταθμό ΜΑΡΟΥΣΙ, μέχρι 1.8 mg/m^3 στο σταθμό ΠΑΤΗΣΙΩΝ 	<ul style="list-style-type: none"> από 0.1 mg/m^3 στο σταθμό ΜΑΡΟΥΣΙ, μέχρι 2.1 mg/m^3 στο σταθμό ΠΑΤΗΣΙΩΝ
	Δεν έχει θεσπιστεί όριο συναγερμού. Οριακή τιμή 10 mg/m^3 . Οι τιμές είναι σε 8ωρη βάση	
 Particulate Matter		<ul style="list-style-type: none"> από 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό ΑΓ_ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ, μέχρι 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ
	Δεν έχει θεσπισθεί όριο συναγερμού -- Οριακή τιμή 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ να μην υπερβαίνεται περισσότερες από 35 φορές το έτος Οι μετρήσεις γίνονται σε 24ωρη βάση	

Γενική Εκτίμηση - Πρόβλεψη

Σύμφωνα με τις πρωινές μετρήσεις η ατμοσφαιρική ρύπανση κυμάνθηκε σε χαμηλά επίπεδα.

Με βάση τις προβλεπόμενες μετεωρολογικές συνθήκες όπως προκύπτει από τα στοιχεία της ΕΜΥ, για αύριο δεν αναμένεται αξιόλογη μεταβολή.

Αναλυτική Παρουσίαση των Χθесινών Μέγιστων Τιμών

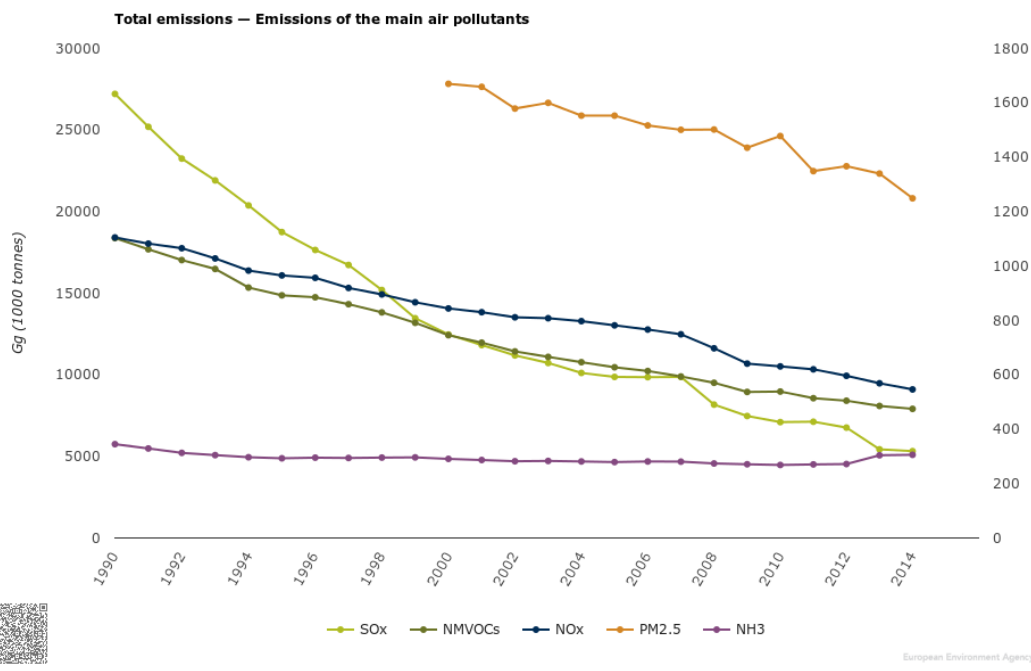
Pollution Substances Measuring Stations	O ₃	NO ₂	SO ₂	SO ₂	CO	PM-10
	Ozone	Nitrogen Dioxide	Sulfur Dioxide	Sulfur Dioxide	Carbon Monoxide	Particulate Matter
Patission	16	169	10	8	2.1	
Pireaus - 1	94	134	17	15		55
Athinas	115		21	15	0.7	
Geoponiki	142	86			0.5	
N. Smbmi	38	71			0.5	43
Liosia	144	65				52
Marousi	176	85			0.6	43
Peristeri	152	117				55
Aristotelous		109	18	11		50
Likourisi	158	82				44
Ag. Paraskevi	183	48				37
Thrakomakedones	161	83				42
Elefsina	144	81	64	17		47
Goudi						
Koropi						

* Οι τιμές των ρύπων υπολογίζονται σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ εκτός του CO που υπολογίζονται σε mg/m^3

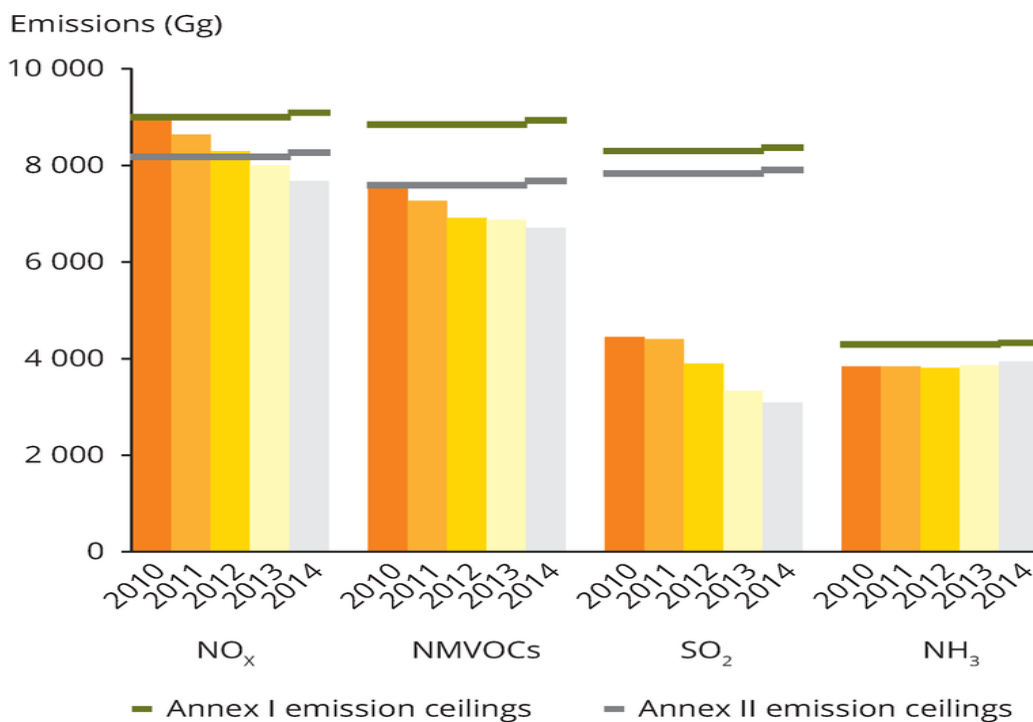
ΠΙΝΑΚΑΣ ΥΠΕΡΒΑΣΕΩΝ ΟΖΟΝΤΟΣ							
Από 25/07/2017 14:00 μέχρι 26/07/2017 13:00							
Όρια							
Σταθμοί	Όριο ενημέρωσης κοινού (ωριαίες τιμές >180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Όριο συναγερμού πληθυσμού (ωριαίες τιμές >240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ για 3 συνεχόμενες ώρες)			Μακροπρόθεσμος στόχος προστασίας υγείας (οκτώωρη τιμή >120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	Ώρα έναρξης υπέρβασης	Διάρκεια υπέρβασης σε ώρες	Μέγιστη τιμή	Ώρα έναρξης υπέρβασης	Διάρκεια υπέρβασης σε ώρες	Μέγιστη τιμή	Μέγιστη τιμή οκταώρου >120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Patision	-	-	-	-	-	-	-
Pireaus - 1	-	-	-	-	-	-	-
Athinas	-	-	-	-	-	-	-
Geoponiki	-	-	-	-	-	-	129
N. Smirni	-	-	-	-	-	-	-
Iiosia	-	-	-	-	-	-	133
Marousi	-	-	-	-	-	-	160
Peristeri	-	-	-	-	-	-	133
Aristotelous	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Likovrisi	-	-	-	-	-	-	145
Ag. Paraskevi	14:00	2	183	-	-	-	168
Thrakomakedones	-	-	-	-	-	-	150
Elefsina	-	-	-	-	-	-	128
Goudi	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Koropi	-	-	-	-	-	-	-
Αναμένονται υπερβάσεις του μακροπρόθεσμου στόχου προστασίας της υγείας							

Εικόνα 1.6 Ημερήσιο Δελτίο Τιμών Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=708>)

Ως εκ τούτου, εξακολουθούν να απαιτούνται στοχοθετημένες προσπάθειες μείωσης των εκπομπών για περαιτέρω προστασία της υγείας του ανθρώπου και του περιβάλλοντος στην Ευρώπη.

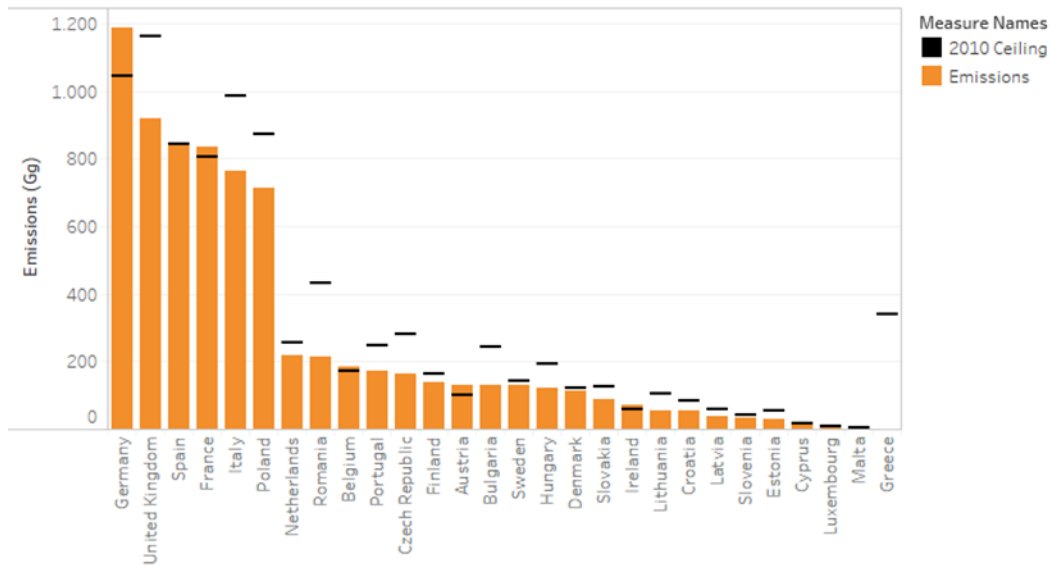
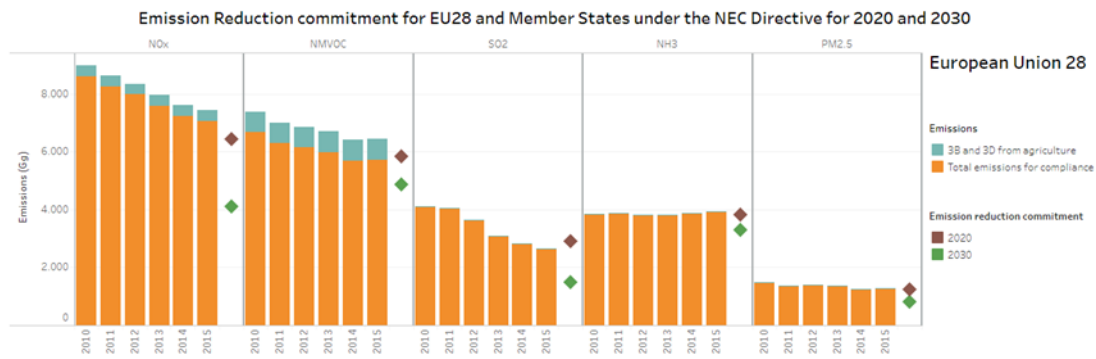


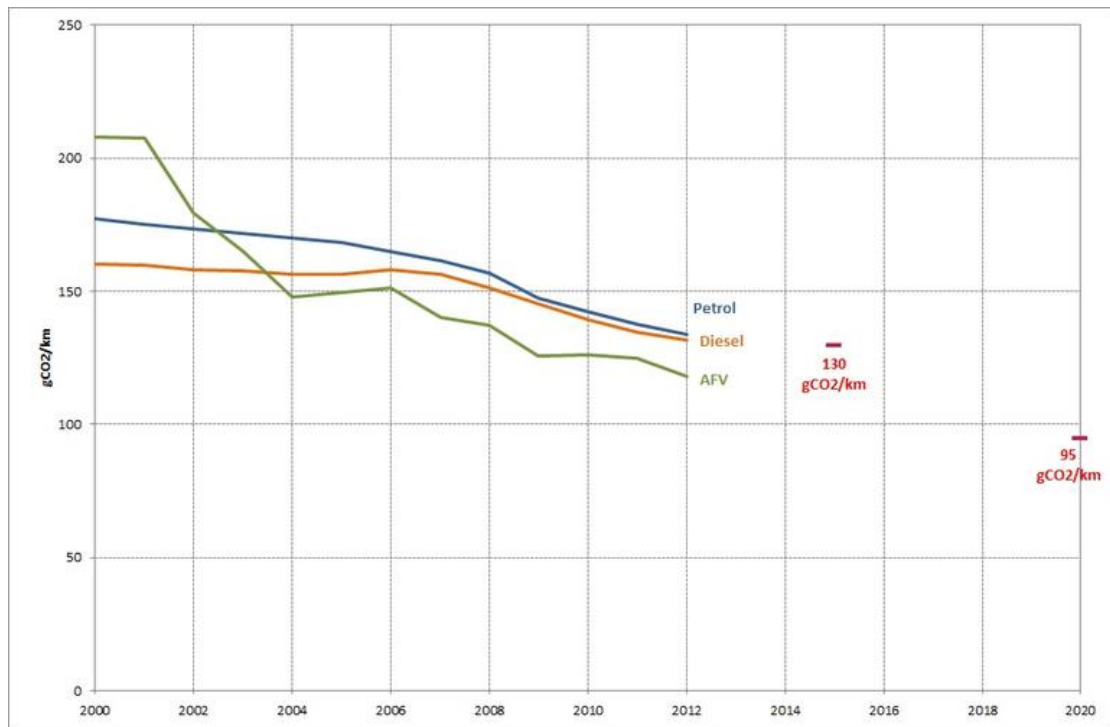
Διάγραμμα 1.3 Εκπομπές των κύριων αέριων ρύπων (1990-2015) (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/air-emissions-viewer-lrtap>)



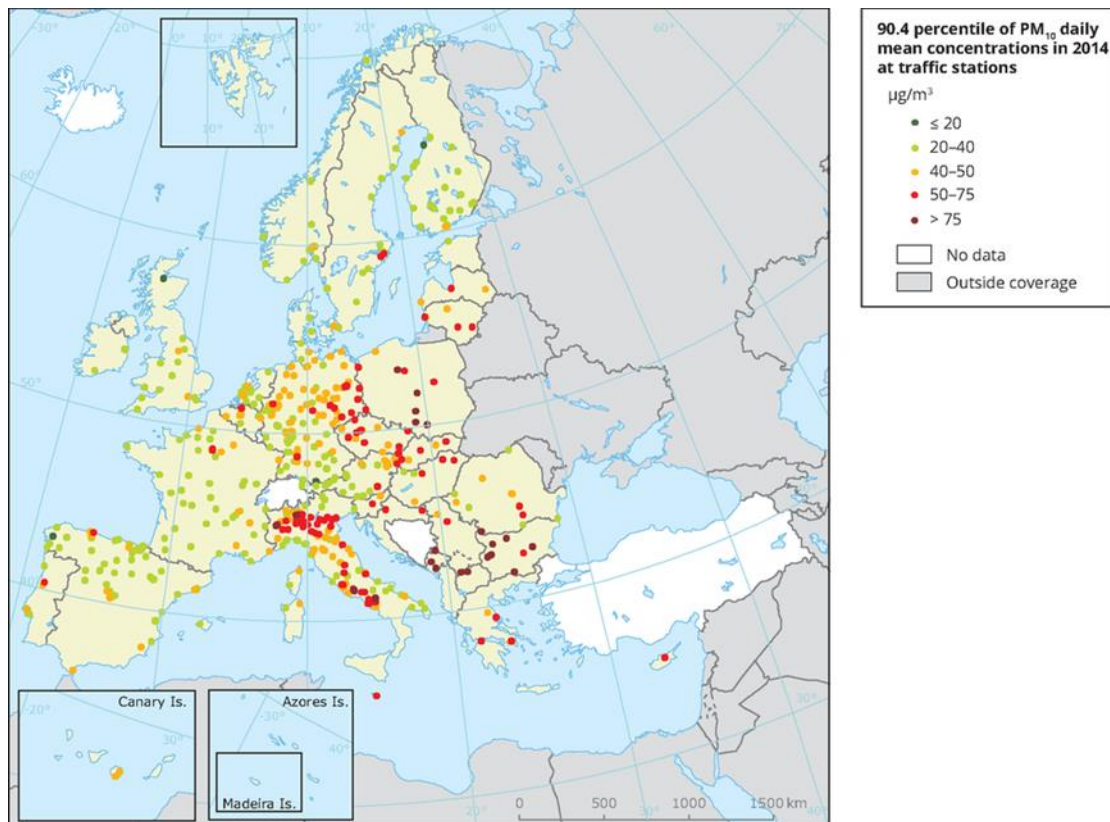
Διάγραμμα 1.4 Η πρόοδος της ΕΕ όσον αφορά την τήρηση των ανωτάτων ορίων εκπομπών (για λόγους συμμόρφωσης και περιβαλλοντικούς στόχους) των τεσσάρων κύριων ατμοσφαιρικών ρύπων που ρυθμίζονται στην Εθνική Οδηγία για τα ανώτατα όρια εκπομπών του 2001 (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps>)

NOx total emissions for compliance per EU Member State in 2015

Διάγραμμα 1.5 Εκπομπές ανά κράτος μέλος της ΕΕ (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps>)Διάγραμμα 1.6 Δέσμευση για τη μείωση των εκπομπών για την EU28 και τα κράτη μέλη (2020-2030) (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps>)

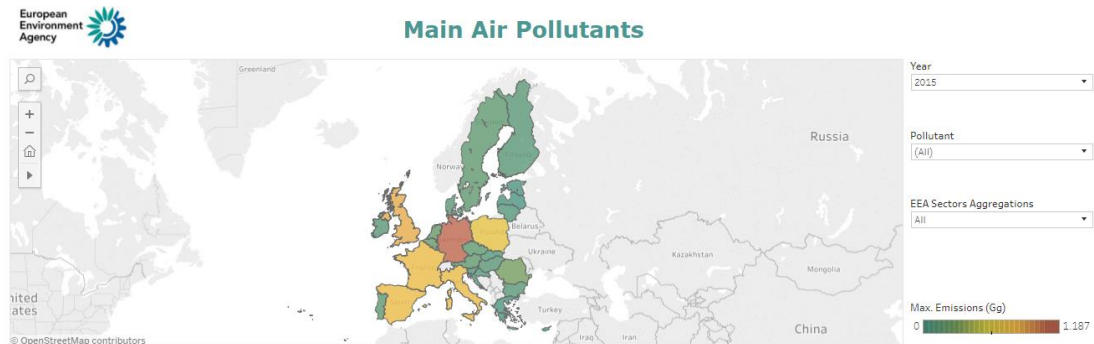


Διάγραμμα 1.7 Διάγραμμα που δείχνει την εξέλιξη των μέσων εκπομπών για τα νέα αυτοκίνητα έναντι των στόχων του 2015 και του 2020 (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps>)



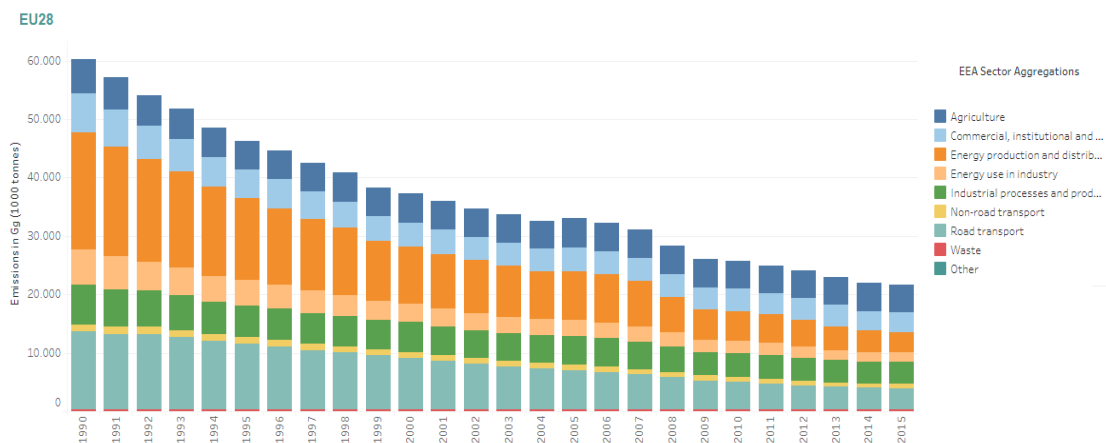
Εικόνα 1.7 Μέσες συγκεντρώσεις PM10 στην Ευρώπη το 2014 (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps>)

1.7 Η σημασία των Μεταφορών στην ατμοσφαιρική ρύπανση



Εικόνα 1.8 Χάρτης των κύριων ατμοσφαιρικών ρύπων στην Ευρώπη, 2015 (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps>)

Όπως έχει προαναφερθεί, η ρύπανση του περιβάλλοντος γενικότερα, αλλά και από τις καύσεις των οχημάτων και των βιομηχανιών, ειδικότερα, βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα.

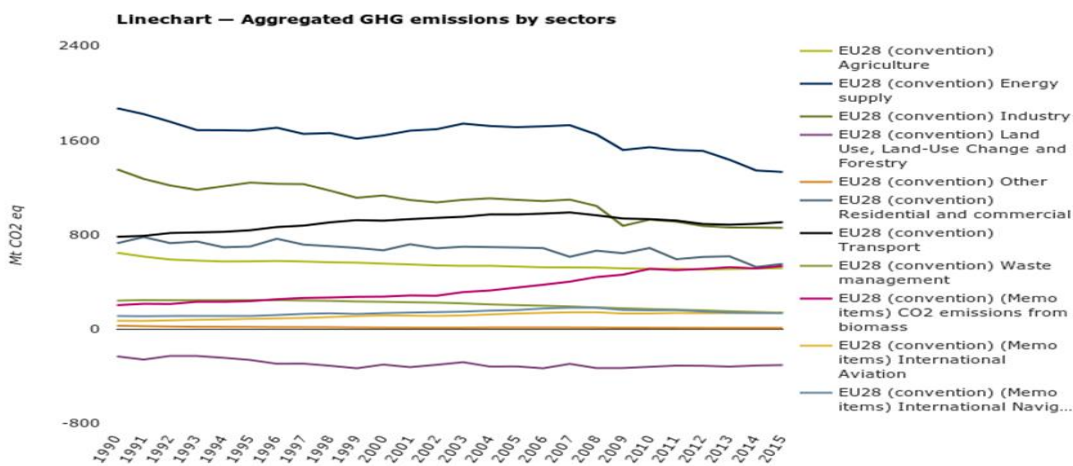


Διάγραμμα 1.8 EU28. Συνολικές εκπομπές και εκπομπές ανά τομέα στην Ευρώπη (1990-2015) (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps>)

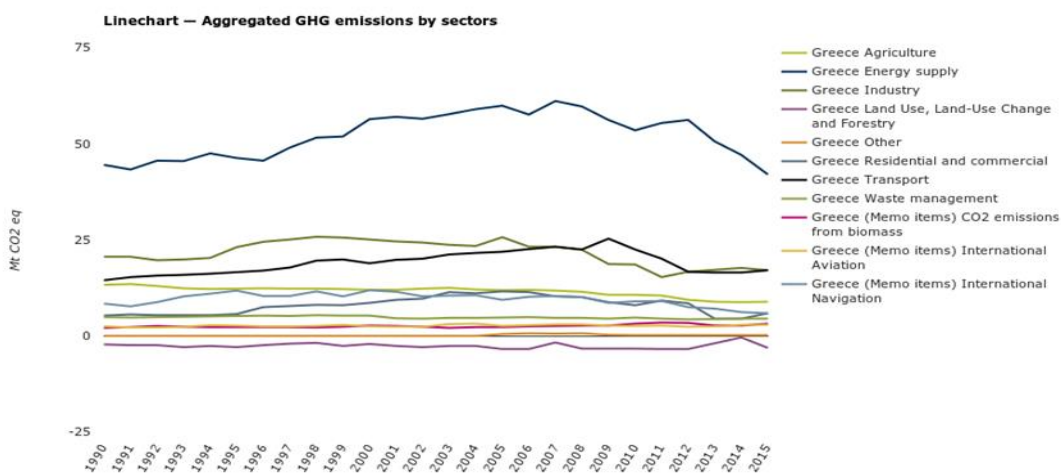
Στα παραπάνω διαγράμματα εμφανίζεται η κατανομή των εκπομπών πρωτογενών ρύπων ανά κατηγορία πηγής. Είναι φανερό ότι, οι μεταφορές και οι βιομηχανικές δραστηριότητες (συμπεριλαμβανομένης και της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας) είναι μαζί υπεύθυνες για ποσοστό μεγαλύτερο του 90% των εκπομπών πρωτογενών ρύπων.

Όπως και κάθε εστία καύσης, οι κινητήρες των αυτοκινήτων και των άλλων τροχοφόρων εκπέμπουν μια σειρά ρύπων στο περιβάλλον εξαιτίας του γεγονότος, ότι στην πράξη ποτέ δεν είναι δυνατό να γίνει τέλεια καύση (που θα είχε σαν αποτέλεσμα την εκπομπή μόνον διοξειδίου του άνθρακα και υδρατμών, τα οποία είναι ακίνδυνα). Η ρύπανση λοιπόν που προκαλείται απ' αυτούς, είναι αποτέλεσμα ατελούς καύσης και ο έλεγχος της αποτελεί ένα ιδιαίτερα πολύπλοκο πρόβλημα, αφού οι κινητήρες των τροχοφόρων λειτουργούν κάτω από συνεχώς μεταβαλλόμενες συνθήκες (αυξομείωση του φορτίου και των στροφών). Υπάρχει το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) που προέρχεται κυρίως από τους βενζινοκινητήρες, τα οξείδια του αζώτου (NOx) και οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες, που είναι υπεύθυνοι για τη φωτοχημική καπνομίχλη και τέλος τα σωματίδια, μεταξύ των οποίων κι ο καπνός, που προέρχεται κυρίως από τους κινητήρες ντίζελ ενώ ο μόλυβδος προέρχεται από τα

αντικροτικά πρόσθετα της βενζίνης σούπερ. Όλα αυτά εκπέμπονται σε μόνιμη βάση απ' όλους τους κινητήρες των τροχοφόρων άσχετα από τις συνθήκες λειτουργίας τους με τη διαφορά, ότι οι συνθήκες αυτές επηρεάζουν σημαντικά την ποσότητα των ρύπων που εκπέμπει ο κάθε κινητήρας. Η χειρότερη περίπτωση είναι όταν ο κινητήρας λειτουργεί κρύος, κάτι που συμβαίνει δυστυχώς πολύ συχνά στις μεγαλουπόλεις, όπου συνήθως γίνεται ο μεγαλύτερος αριθμός των διαδρομών των αυτοκινήτων. Είναι χαρακτηριστικό, για παράδειγμα ότι το 51% των διαδρομών που κάνουν τ' αυτοκίνητα στη Γαλλία έχει μήκος μέχρι 15 χιλιόμετρα, ενώ στη Βρετανία το 58% των διαδρομών δεν ξεπερνά τα 8 χιλιόμετρα και το 8% τα 16 χιλιόμετρα! Αυτό έχει βέβαια σαν αποτέλεσμα την επιβάρυνση της κατανάλωσης (υπολογίζεται σε 0,4 λίτρα επιπλέον ανά διαδρομή) και την αύξηση της ρύπανσης.¹⁵ Η Ελλάδα ακολουθεί παρόμοιο προφίλ κατανομής εκπομπών με την Ευρώπη, αφού οι μεταφορές και η βιομηχανία έχουν και εδώ τον κύριο ρόλο για τις αέριες εκπομπές ρύπων.



Διάγραμμα 1.9 Εκπομπές ανά τομείς EU28 (σύμβαση), (1990-2015) (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps>)

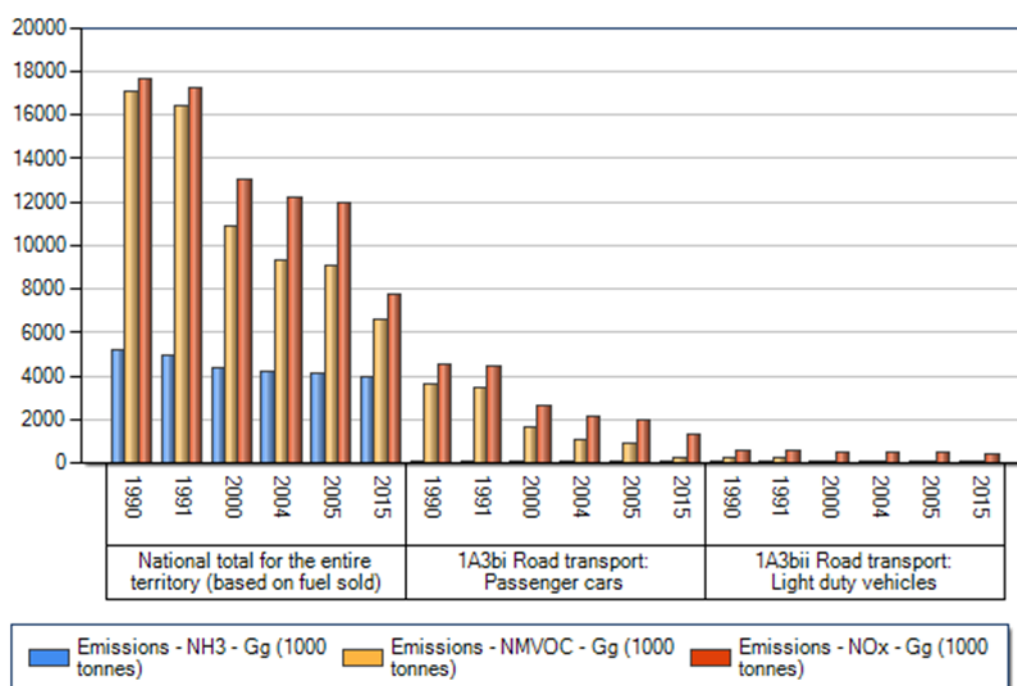


Διάγραμμα 1.10 Εκπομπές ανά τομείς για την Ελλάδα, (1990-2015) (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps>)

Πίνακας 1.3 Προέλευση αέριων ρύπων στο λεκανοπέδιο της Αττικής (ίδια επεξεργασία)

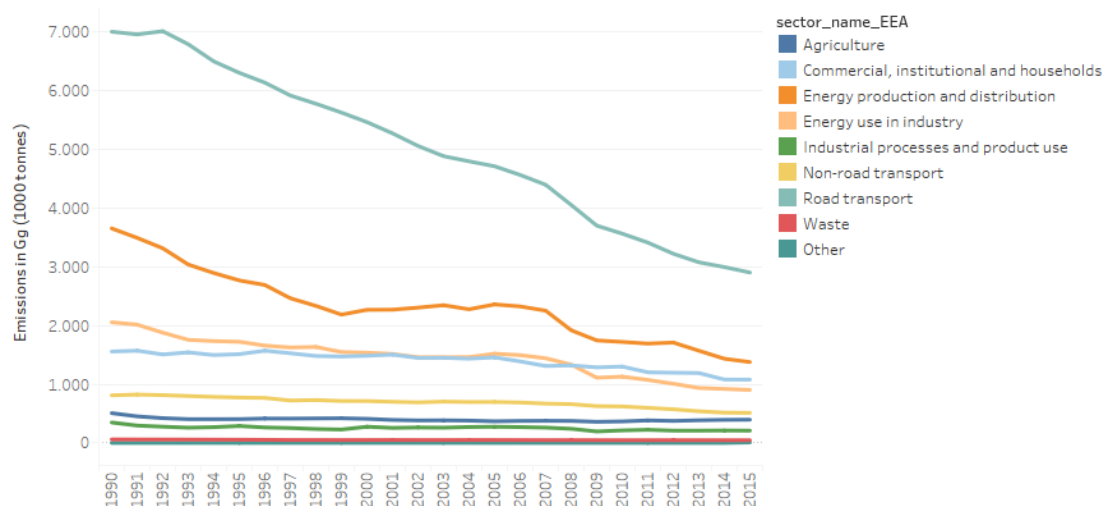
Ρύποι (g/km)	Αυτοκίνητα	Βιομηχανία	Οικ. θέρμανση
Οξείδια του αζώτου (NO _x)	15%	40%	45%
Υδρογονάνθρακες (HC)	77%	6%	17%
Μονοξειδίο του άνθρακα (CO)	100%	-	-
Σωματίδια	100%		
Καπνός	68%	18%	14%

1.8 Η σημασία των οδικών μεταφορών στην ατμοσφαιρική ρύπανση



Διάγραμμα 1.11 Συνολικές εκπομπές, οδικές μεταφορές: επιβατικά αυτοκίνητα και οδικές μεταφορές: εκπομπές ελαφρών οχημάτων (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps>)

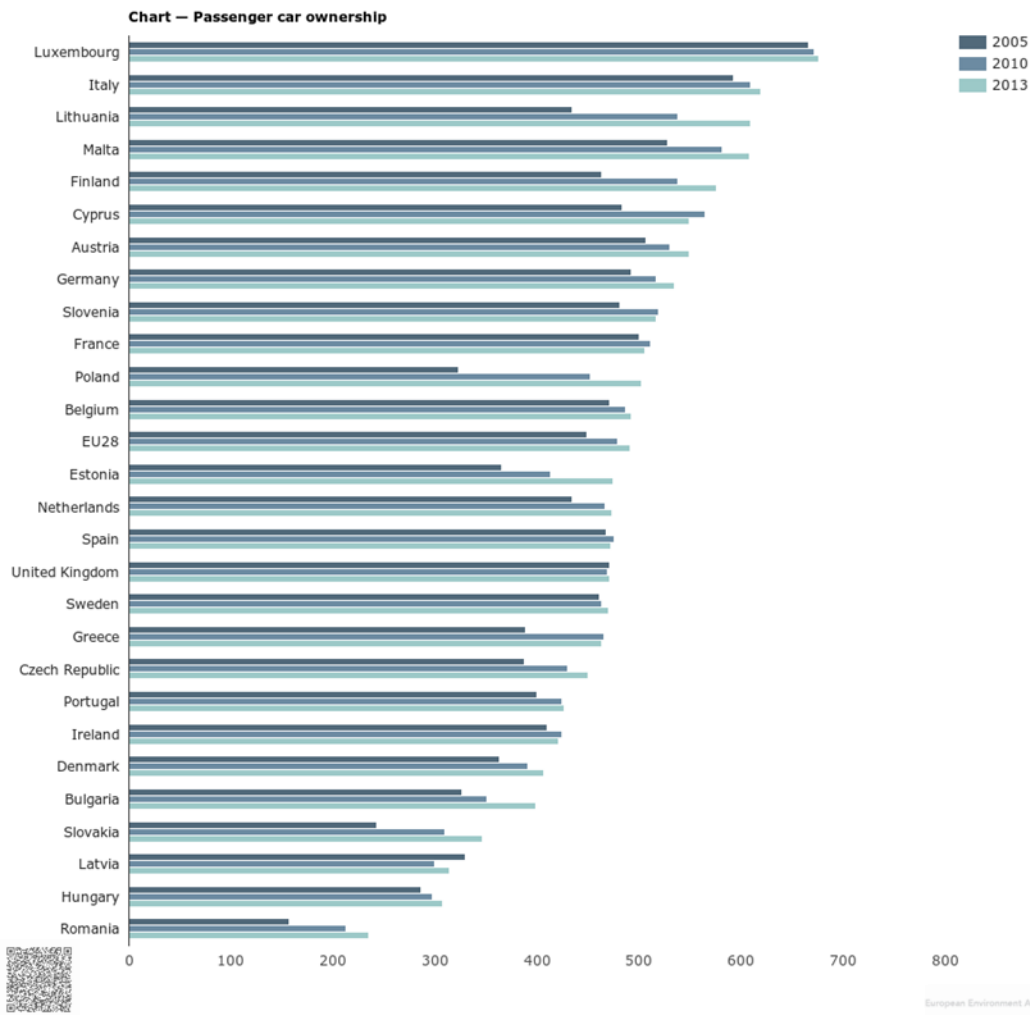
EmissionsByEU28

Διάγραμμα 1.12 Εκπομπές ρύπων ανά τομέα (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps>)

Μέσα στην πληθώρα των ρυπογόνων δραστηριοτήτων μιας σύγχρονης πόλης, η χρήση του ιδιωτικού αυτοκινήτου αποτελεί την σημαντικότερη συνεισφορά του πολίτη στην ρύπανση της περιοχής. Παρά την μικρή, σχετικά, συνεισφορά κάθε μεμονωμένου αυτοκινήτου, η ρύπανση από τον μεγάλο αριθμό τους προστίθεται για να

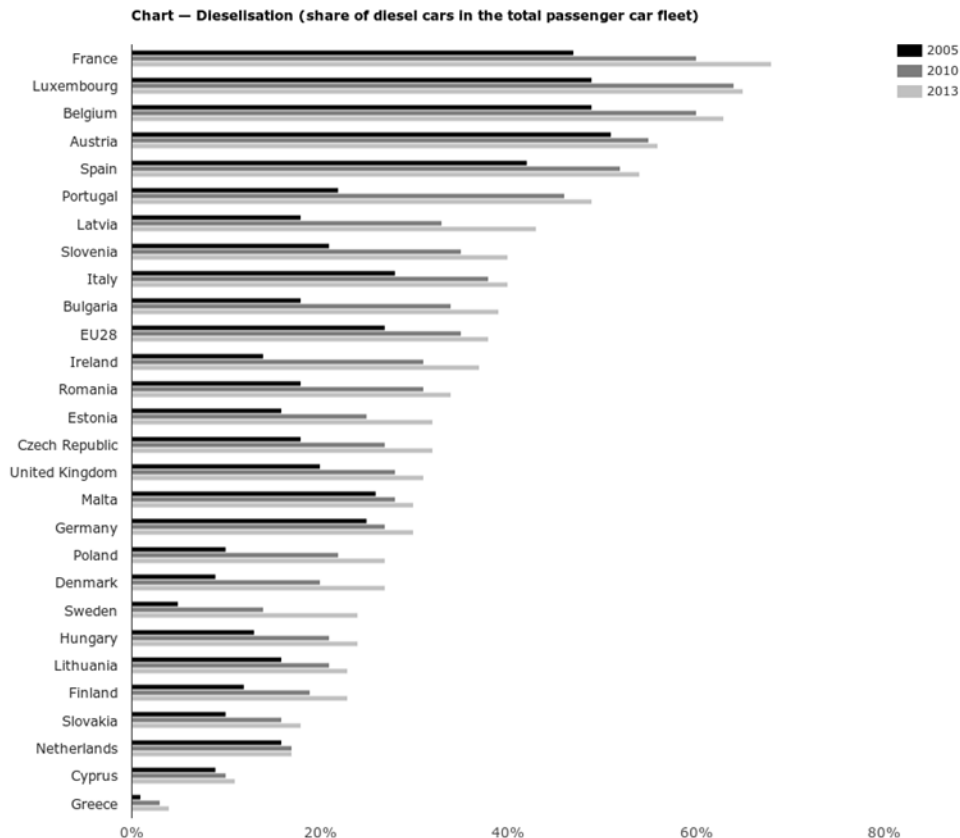


αποτελέσει την μεγαλύτερη απειλή για την ποιότητα του αέρα στις μεγαλουπόλεις. Η ισχύς που είναι απαραίτητη για την κίνηση του αυτοκινήτου προέρχεται από την καύση του καυσίμου σε μια μηχανή εσωτερικής καύσης. Η ρύπανση προέρχεται τόσο από τα προϊόντα της καύσης (τυπικά από την εξάτμιση του αυτοκινήτου) όσο και από την εξάτμιση του καυσίμου. Η βενζίνη και το ντίζελ είναι μίγματα υδρογονανθράκων, ενώσεις που περιέχουν άτομα υδρογόνου και άνθρακα. Κατά την διάρκεια της καύσης σε μια τέλεια μηχανή, το οξυγόνο του αέρα θα μετέτρεπε το υδρογόνο σε νερό και τον άνθρακα σε διοξείδιο του άνθρακα. Το άζωτο του αέρα δεν θα επηρεαζόταν. Η ρύπανση της ατμόσφαιρας από τα αυτοκίνητα, τη βιομηχανία και τις άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες έχει φτάσει σήμερα σε ανησυχητικά επίπεδα. Ένα μεγάλο ποσοστό της οφείλεται και στα αυτοκίνητα, αφού με την τεχνολογική εξέλιξη και την αυξανόμενη επιθυμία κάλυψης δευτερευουσών αναγκών, η πωλήσεις των αυτοκινήτων ολοένα και αυξάνονται.



Διάγραμμα 1.13 Ιδιοκτησία επιβατικών αυτοκινήτων σε χώρες της ΕΕ (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps>)

Ωστόσο, είναι γεγονός ότι έχει επιτευχθεί μεγάλη τεχνολογική πρόοδος στον τομέα της μείωσης των ρύπων που εκλύουν οι κινητήρες των αυτοκινήτων, στον τομέα της αεροδυναμικής (καλύτερη αεροδυναμική σημαίνει χαμηλότερη κατανάλωση, άρα εκπομπή λιγότερων ρύπων), στον τομέα του σχεδιασμού του θαλάμου καύσης και στην έρευνα για την χρήση εναλλακτικών καυσίμων, όπως το υδρογόνο, το υγραέριο και τις αλκοόλες (αιθανόλη, μεθανόλη). Τα ηλεκτρικά, τα υβριδικά, τα ηλιακά αυτοκίνητα, η νέα ώθηση που δόθηκε στην έρευνα για τους κινητήρες diesel, οι κεραμικοί κινητήρες και η νέα γενιά των δίχρονων κινητήρων είναι άμεση συνέπεια των οικολογικών ανησυχιών και της έντονης αναζήτησης για εναλλακτικά καύσιμα και κινητήρες.



Διάγραμμα 1.14 Μερίδιο των αυτοκινήτων Diesel στο σύνολο του στόλου των επιβατικών αυτοκινήτων (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps>)

Ο πρώτος συναγερμός για το πρόβλημα της ρύπανσης δόθηκε στις Η.Π.Α., όπου υπάρχουν και τα περισσότερα αυτοκίνητα ανά χιλιάδα κατοίκων. Στο Los Angeles που βρίσκεται στην πολιτεία της California, η αιθαλομίχλη είχε κάνει την ατμόσφαιρα αφόρητη για πολλά χρόνια. Γι' αυτό το λόγο το 1961 θεσπίστηκαν νόμοι που καθόριζαν τη μέγιστη επιτρεπόμενη ποσότητα έκλυσης άκαυστων υδρογονανθράκων και μονοξειδίου του άνθρακα από τους εμβολοφόρους κινητήρες. Η ισχύς των νόμων αυτών επεκτάθηκε στις 20/10/1965 σε όλη την αμερικανική επικράτεια. Από τότε, οι νόμοι αυτοί γίνονται ολοένα και πιο αυστηροί ενώ άρχισαν να εφαρμόζονται σχεδόν σε όλες τις χώρες του κόσμου. Σήμερα έχει πλέον αποδειχθεί ότι οι μηχανές εσωτερικής καύσης (βενζινοκινητήρες – πετρελαιοκινητήρες) που χρησιμοποιούνται για την κίνηση των μέσων μεταφοράς αποτελούν μια από τις βασικότερες πηγές ρύπανσης της ατμόσφαιρας των αστικών κυρίως κέντρων, με την εκπομπή των βλαβερών ρύπων. Κάθε ουσία που διοχετεύεται άμεσα ή έμμεσα από τον άνθρωπο στο περιβάλλον και έχει άμεσα ή μακροπρόθεσμα επιβλαβείς επιδράσεις για την ζωή ή την υγεία του ανθρώπου, των ζώων και των φυτών ή φθείρει τα υλικά αγαθά, λέγεται ρυπαντής ή ρύπος.¹⁶

Αέρας του περιβάλλοντος θεωρείται ο εξωτερικός αέρας της τροπόσφαιρας εξαιρουμένου του αέρα σε κλειστούς χώρους. Για την εκτίμηση και διαχείριση της ποιότητας του αέρα του περιβάλλοντος, οι κύριοι ρύποι που λαμβάνονται υπόψη είναι οι εξής: • Διοξείδιο του

θείου (SO₂) • Διοξείδιο του αζώτου (NO₂) • Αιθάλη • Αιωρούμενα σωματίδια (PM) • Μόλυβδος (Pb) • Όζον (O₃) • Οξειδία του αζώτου (NO_x) • Βενζόλιο (C₆H₆) • Μονοξείδιο του άνθρακα (CO) • Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAH) • Κάδμιο (Cd) • Αρσενικό (As) • Νικέλιο (Ni) • Υδράργυρος (Hg) • Μαύρος καπνός (BS) • Άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC)

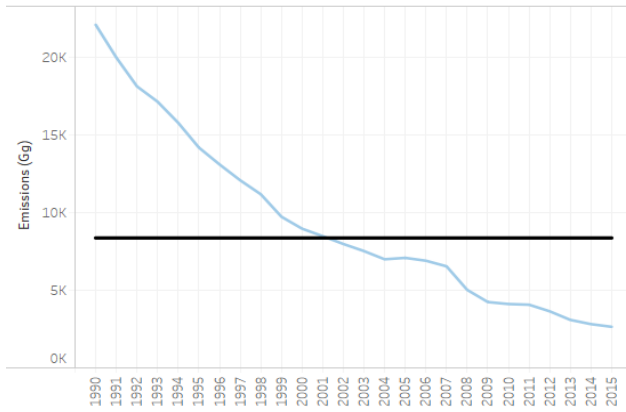
Εξαιτίας της ιδιαίτερης σημασίας που παρουσιάζει ο τομέας των οδικών μεταφορών, στη συνέχεια παρουσιάζεται η συνεισφορά των επιμέρους κατηγοριών οχημάτων (IX, ταξί, ελαφρά φορτηγά, βαρέα οχήματα, λεωφορεία και δίκυκλα) στις εκπομπές αερίων ρύπων.

Πίνακας 1.4 Εκπομπές ρύπων και κατανάλωση καυσίμου από τις οδικές μεταφορές ανά κατηγορία οχήματος (t/y)

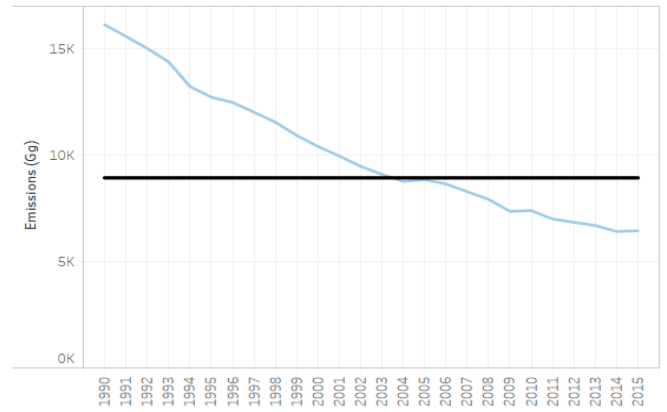
(t/y)	NOX	NM VOC	CO	PM10	C6H6	CO ₂	FC*
Επιβατικά οχήματα (PC)	14,651	18,340	172,863	114	1,086	3,492,759	2,257,839
TAXI	1,139	283	1,223	238	10	292,441	210,597
Ελαφρά Φορτηγά LCV	4,110	4,427	42,406	53	252	459,741	320,338
Βαρέα Φορτηγά HCV	6,110	1,704	2,556	508	2	648,730	442,850
ΑΣΤΙΚΑ ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ	836	97	206	32	0	98,426	86,599
ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ	722	124	209	36	0	96,776	69,758
ΔΙΚΥΚΛΑ	382	17,950	61,977	0	1,098	355,172	329,967
ΣΥΝΟΛΟ	27,951	42,924	281,440	979	2,448	5,444,044	3,717,948

Στα παρακάτω διαγράμματα φαίνεται η εξέλιξη των κύριων εκπεμπόμενων ρύπων από τα αυτοκίνητα στην Ευρώπη, όπως δίνονται επίσημα από τον ΕΟΠ.

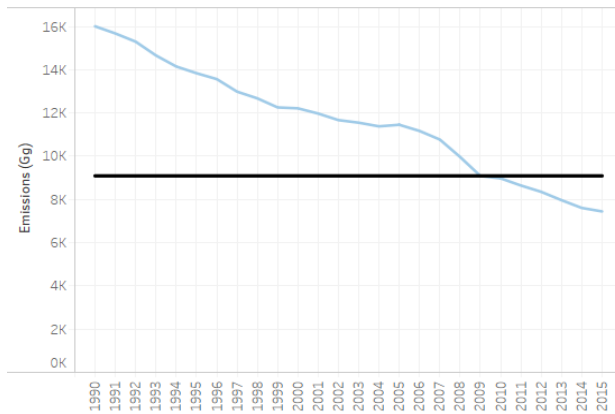
SO2 emissions evolution from 1990 to 2015



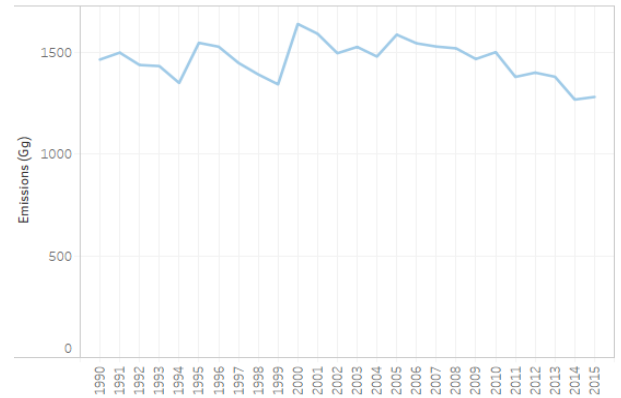
NMVOC emissions evolution from 1990 to 2015



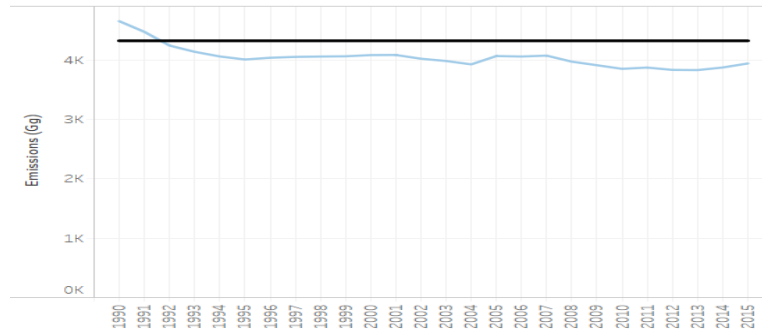
NOx emissions evolution from 1990 to 2015



PM2.5 emissions evolution from 1990 to 2015



NH3 emissions evolution from 1990 to 2015



Διαγράμματα 1.15 α,β,γ,δ,ε. Η εξέλιξη των κύριων εκπεμπόμενων ρύπων από τα αυτοκίνητα στην Ευρώπη (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps>)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Καύσιμα μεταφορών

2.1 Γενικά

Σήμερα οι μεταφορές αποτελούν ένα σημαντικό κομμάτι της κατανάλωσης ενέργειας και εκπομπής αέριων ρύπων. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ), περισσότερο από το 30% της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας αποδίδεται στον τομέα των οδικών μεταφορών, που εξαρτάται κατά 98% από εισαγόμενα συμβατικά καύσιμα¹⁶. Τα αστικά κέντρα της χώρας μας επιβαρύνονται από έντονα προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης, που οφείλονται κυρίως στη χρήση ενέργειας για μεταφορές (Ι.Χ., δίκτροχα, λεωφορεία, φορτηγά κτλ). Έτσι, τα επίπεδα εκπομπών των αέριων και σωματιδιακών ρύπων εμφανίζουν ολοένα και αυξανόμενες ανοδικές τάσεις. Τα συμβατικά καύσιμα οδικών μεταφορών που χρησιμοποιούνται ευρέως και πωλούνται στην ελληνική αγορά, είναι η βενζίνη (95 RON, 100 RON, LRP) και το πετρέλαιο κίνησης diesel (ντήζελ).

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας όμως, τα εναλλακτικά καύσιμα έχουν πλέον προσελκύσει το ενδιαφέρον και παίζουν κύριο ρόλο στην αγορά καυσίμων.

2.2 Βενζίνη

Η βενζίνη είναι υγρό άχρωμο ή ελαφρά χρωματισμένο προς το κίτρινο, με χαρακτηριστική οσμή και αποστάζει μεταξύ 40° και 210° C. Παράγεται στα διυληστήρια αργού πετρελαίου από ανάμιξη διάφορων προΐόντων. Αποτελείται κατά κύριο λόγο από υδρογονάνθρακες, ειδικότερα είναι μίγμα τριών κυρίως κορεσμένων υδρογονανθράκων: εξανίου, επτανίου και οκτανίου.



Εικόνα 2.1 Βενζίνη (Πηγή Ιστότοπος στο Ίντερνετ)

Για να καούν οι υδρογονάνθρακες απαιτείται η παρουσία αέρα, και συγκεκριμένα οξυγόνου. Από την αντίδραση των υδρογονανθράκων με το οξυγόνο (καύση) παράγεται διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και νερό (υδρατμολί). Όμως, εκτός από οξυγόνο ο αέρας περιέχει σε μεγάλο ποσοστό (78%) άζωτο. Στις συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας που επικρατούν μέσα στο θάλαμο καύσης το άζωτο αντιδρά κι αυτό με το οξυγόνο, δημιουργώντας οξειδία του αζώτου (NO_x), τα οποία είναι ιδιαίτερα επιβλαβή για την ατμόσφαιρα.

Η κυριότερη από τις ιδιότητες της βενζίνης είναι ο Αριθμός Οκτανίου (Α.Ο), που ορίζεται ως η % ποσότητα (κατ' όγκο) ισο-οκτανίου (2,2,4-τριμεθυλο-πεντάνιο) σε πρότυπο μίγμα ισο-οκτανίου και n-επτανίου έτσι ώστε αυτό το μίγμα να παρουσιάζει τον ίδιο αριθμό

χτυπήματος κινητήρα (αντικροτική συμπεριφορά) με το υπό εξέταση καύσιμο. Δηλαδή μία βενζίνη θεωρείται ότι είναι αριθμού οκτανίου 0 όταν συμπεριφέρεται όπως το κανονικό επτάνιο, που δεν θεωρείται καλό καύσιμο για βενζινοκινητήρες και αριθμού οκτανίου 100 όταν συμπεριφέρεται όπως ένα παράγωγο του κανονικού οκτανίου το ισο-οκτάνιο (2,2,4-τριμεθυλο-πεντάνιο), που θεωρείται άριστο καύσιμο για βενζινοκινητήρες. Επομένως, όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός οκτανίου της βενζίνης, τόσο μεγαλύτερη είναι η απόδοσή της. Για παράδειγμα, βενζίνη αριθμού οκτανίου 95 είναι εκείνη η οποία συμπεριφέρεται όπως το μείγμα που αποτελείται από 95% ισοοκτάνιο και 5% n-επτάνιο. Για την αύξηση του αριθμού οκτανίου της βενζίνης, είτε υποβάλλεται σε ειδική κατεργασία, είτε προστίθενται σε αυτή διάφορες ουσίες, που ονομάζονται αντικτυπικά ή αντικροτικά (anti-knocks). Μπορεί να προστεθεί επίσης μεθανόλη και αιθανόλη, όμως αυτή η ανάμιξη δεν συνιστάται για 2-χρονους κινητήρες. Στο παρελθόν προσέθεταν στη βενζίνη τετραμεθυλιούχο μόλυβδο και τετρααιθυλιούχο μόλυβδο, αλλά σήμερα μόνο αλκοόλες και αιθέρες, καθώς ο μόλυβδος είναι τοξικός. Ως αποτέλεσμα, το καύσιμο χωρίς αυτόν ονομάζεται αμόλυβδη βενζίνη.

Η απλή αμόλυβδη (95RON) έχει αριθμό οκτανίου 95, ενώ η σούπερ αμόλυβδη έχει αριθμό οκτανίου που κυμαίνεται μεταξύ 99 και 100 (100 RON). Τέλος υπάρχει και η LRP (96 RON), που είχε υποκαταστήσει τη μολυβδωμένη βενζίνη χρησιμοποιώντας πρόθετα του καλίου αντί για αντικροτικά του μολύβδου, για την προστασία των βαλβίδων των κινητήρων των παλαιότερων αυτοκινήτων. Η New Super (Lead Replacement Petrol ή LRP) πλέον έχει καταργηθεί. Αφού πλέον τα οχήματα νέας τεχνολογίας έχουν κινητήρες από ισχυρά κράματα που αντέχουν, οπότε δεν αντιμετωπίζουν πρόβλημα φθοράς.

Πίνακας 2.1 Τυπικές ιδιότητες αμόλυβδης, της ελληνικής αγοράς ^[17]

Ιδιότητα	Τυπικές τιμές	Τιμές Ισχύουσας Προδιαγραφής
RON	95,3	95 Ελάχιστο
MON	85,2	85 Ελάχιστο
MTBE (% κ.ο.)	3,9	15% Μέγιστο (σύνολο αιθέρων)
Οξυγόνο (% κ.β.)	1,2	2,7% Μέγιστο
Ξυλόλιο (% κ.β.)	7,6	Δεν ισχύει προδιαγραφή
Τολουόλιο (% κ.β.)	8,2	Δεν ισχύει προδιαγραφή
Ολεφίνες (% κ.β.)	14,62	18% Μέγιστο
Κορεσμένα (% κ.β.)	46,83	Δεν υπάρχει προδιαγραφή
Αρωματικά (% κ.β.)	32,0	35% Μέγιστο
Βενζόλιο (% κ.β.)	0,95	1% Μέγιστο
Πυκνότητα (gr/ml)	0,741	0,720-0,775

Πίνακας 2.2 Τυπικές ιδιότητες ενισχυμένης αμόλυβδης, της ελληνικής αγοράς ^[17]

Ιδιότητα	Τυπικές τιμές	Τιμές Ισχύουσας Προδιαγραφής
RON	98,2	98(100) Ελάχιστο
MON	86,4	86 Ελάχιστο
MTBE	10,15	15% Μέγιστο (σύνολο αιθέρων)
DIPE	0,29	15% Μέγιστο (σύνολο αιθέρων)
TAME	2,12	15% Μέγιστο (σύνολο αιθέρων)
ETBE	1,47	15% Μέγιστο (σύνολο αιθέρων)
TBA	1,87	
Ολικό Οξυγόνο	2,28	2,7% Μέγιστο
Ξυλόλιο	7,18	Δεν ισχύει προδιαγραφή
Τουλουόλιο	9,35	Δεν ισχύει προδιαγραφή
Ολεφίνες	13,19	18% Μέγιστο
Κορεσμένα	39,82	Δεν υπάρχει προδιαγραφή
Αρωματικά	34,29	35% Μέγιστο
Βενζόλιο	0,89	1% Μέγιστο

Πίνακας 2.3 Τυπικές ιδιότητες βενζίνης LRP, της ελληνικής αγοράς^[17]

Ιδιότητα	Τυπικές τιμές	Τιμές Ισχύουσας Προδιαγραφής
RON	95,6	96 Ελάχιστο
MON	85,3	85 Ελάχιστο
MTBE	4,3%	15% Μέγιστο (σύνολο αιθέρων)
DIPE	0,3	15% Μέγιστο (σύνολο αιθέρων)
TAME	2,0	15% Μέγιστο (σύνολο αιθέρων)
ETBE	0,2	15% Μέγιστο (σύνολο αιθέρων)
Ολικό Οξυγόνο	1,2%	2,7% Μέγιστο
Ξυλόλιο	7,4%	Δεν ισχύει προδιαγραφή
Τουλουόλιο	7,9%	Δεν ισχύει προδιαγραφή
Ολεφίνες	16,2%	18% Μέγιστο
Κορεσμένα	45,5%	Δεν υπάρχει προδιαγραφή
Αρωματικά	31,5%	35% Μέγιστο
Βενζόλιο	0,92%	1% Μέγιστο
Κάλιο	10,9ppm	10ppm-20ppm

Οι βενζίνες του ίδιου αριθμού οκτανίου είναι χημικά παρόμοιες και συμφωνούν σε γενικούς κανόνες σχετικά με το ενεργειακό περιεχόμενο, την ταχύτητα διάδοσης της φλόγας και τη θερμοκρασία καύσης.¹⁷

2.3 Πετρέλαιο κίνησης (Diesel)

Το καύσιμο diesel (ντήζελ), ή πετρέλαιο εσωτερικής καύσης, χρησιμοποιείται στους ντιζελοκινητήρες, όπου η ανάφλεξη λαμβάνει χώρα ως αποτέλεσμα της συμπίεσης του καυσίμου. Η ονομασία του καυσίμου, προέρχεται από το Γερμανό επιστήμονα και εφευρέτη Ρούντολφ Ντίζελ, ο οποίος το 1892, μετά από πειράματα ανακάλυψε το ντιζελοκινητήρα. Οι ντιζελοκινητήρες έχουν βρει ευρεία χρήση, αφού η τροφοδοσία αέρα δεν περιορίζεται όπως στους βενζινοκινητήρες και έτσι έχουν υψηλή απόδοση και αποτελεσματικότητα.

Το πετρελαϊκό ντίζελ, είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος καυσίμου ντίζελ, ενώ υπάρχουν και άλλοι τύποι όπως το βιοντίζελ που θα αναφερθεί παρακάτω. Στην ουσία είναι ένα σύνθετο μίγμα υδρογονανθράκων που παρασκευάζεται στα διυληστήρια από την κλασματική απόσταξη του αργού πετρελαίου, στο θερμοκρασιακό εύρος 150 °C έως 380 °C. Η ανάμειξη των διάφορων συστατικών γίνεται έτσι ώστε το τελικό προϊόν ντίζελ να πληροί τις κατάλληλες προδιαγραφές, καθώς και τις απαιτήσεις των κατασκευαστών κινητήρων, για την περαιτέρω βελτίωση της απόδοσης και της αξιοπιστίας τους.[17]

Η ποιότητα του πετρελαίου diesel καθορίζεται με τον αριθμό κετανίου, δηλαδή το μέτρο καθυστέρησης της ανάφλεξης του καυσίμου.[20] Υψηλός αριθμός κετανίου σημαίνει την πιο εύκολη και γρήγορη ανάφλεξη του καυσίμου, όταν αυτό ψεκάζεται σε ζεστό συμπιεσμένο αέρα.¹⁷ Επομένως, μεγάλος αριθμός κετανίου δείχνει υψηλή εσωτερική αποτελεσματικότητα και άρα υψηλή ποιότητα καυσίμου ντίζελ, ενώ χαμηλός αριθμός κετανίου συνεπάγεται καθυστέρηση αναφλέξεως, με αποτέλεσμα μεγαλύτερο χρόνο εκκίνησης, κτύπημα στον κινητήρα, δυσκολότερη οδήγηση και υψηλότερες εκπομπές, λόγω μη ομαλής καύσης. Η προδιαγραφόμενη τιμή του αριθμού κετανίου, σύμφωνα με την ΕΕ είναι 51.

Πίνακας 2.4 Τυπικές ιδιότητες πετρελαίου κίνησης, ελληνικής αγοράς¹⁷

Ιδιότητα	Τυπικές τιμές	Τιμές Ισχύουσας Προδιαγραφής
Περιεκτικότητα σε θείο (ppm)	37	50ppm (10ppm)
Πυκνότητα στους 15°C (kg/m ³)	824	820-845
Σημείο Ανάφλεξης (°C)	58	55
Περιεκτικότητα σε νερό (ppm)	97	200
Τέφρα (% m/m)	<0,01	0,01
Χρώμα	Φυσικό	Φυσικό

2.4 Σύγκριση πετρελαίου κίνησης-diesel με βενζίνη

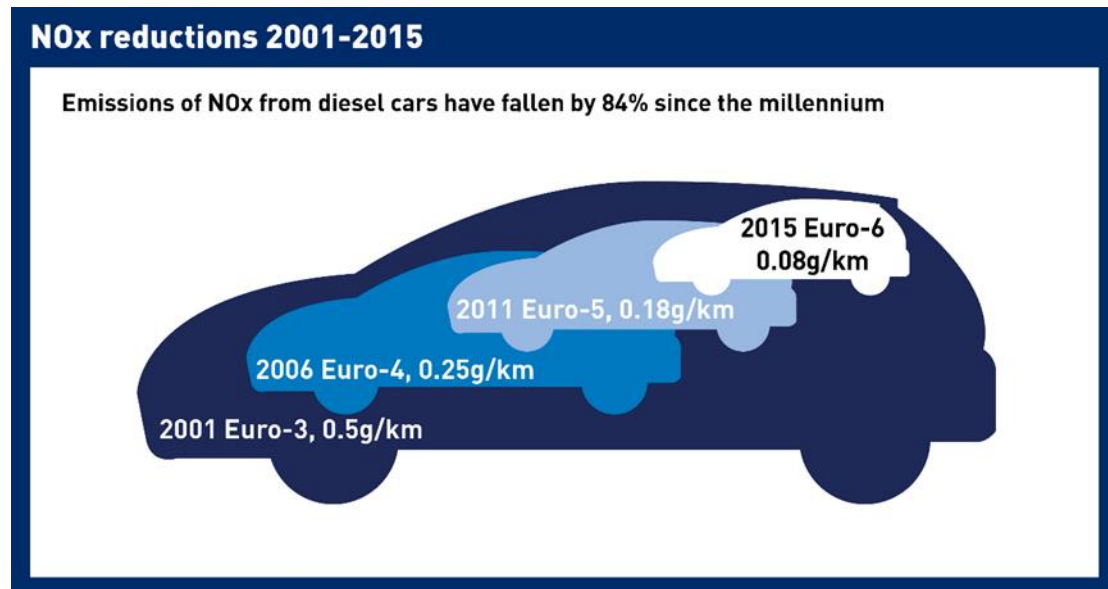
Γενικά τα ντιζελοκίνητα αυτοκίνητα έχουν μικρότερη κατανάλωση από τα βενζινοκίνητα και εν τέλει παράγουν λιγότερα αέρια θερμοκηπίου. Αυτή η οικονομία στην κατανάλωση οφείλεται στο υψηλότερο ενεργειακό περιεχόμενο ανά λίτρο, του καυσίμου ντίζελ, καθώς και στην εσωτερική αποτελεσματικότητα του ντιζελοκινητήρα. Αν και η υψηλότερη πυκνότητα του πετρελαίου καταλήγει σε εκπομπή περισσότερων αέριων θερμοκηπίου ανά λίτρο συγκρινόμενο με τη βενζίνη, η κατά 20–40% οικονομία καυσίμου των σύγχρονων ντιζελοκίνητων αυτοκινήτων, αντισταθμίζει τις υψηλότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και τελικά ένα ντιζελοκίνητο όχημα εκπέμπει 10–20% λιγότερα αέρια θερμοκηπίου από τα βενζινοκίνητα οχήματα.¹⁸

Τα καυσαέρια πετρελαίου περιέχουν έναν αριθμό ρύπων που μπορεί να είναι επιβλαβής για τη δημόσια υγεία και το περιβάλλον, είτε μόνοι είτε σε συνδυασμό με άλλες ουσίες. Αυτοί περιλαμβάνουν αιρούμενα σωματίδια, υδρογονάνθρακες, οξείδια του αζώτου, μονοξείδιο του άνθρακα και τοξικών ρυπαντών του αέρα και είναι γνωστοί ως επικίνδυνοι ατμοσφαιρικοί ρύποι.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση από το 1992 θέτει στους κατασκευαστές συγκεκριμένα όρια εκπομπών ρύπων (Euro). Από τον Σεπτέμβριο του 2015 ήταν σε ισχύ τα όρια του Euro6, ενώ τον Απρίλιο του 2017 ανακοινώθηκαν νέα, αυστηρότερα όρια (Euro7), αλλά και νέα διαδικασία μέτρησης τόσο της κατανάλωσης καυσίμου όσο και των ρύπων. Ο νέος τρόπος μετρήσεων

κατανάλωσης και ρύπων θα προσομοιώνει την πραγματική οδήγηση, θα γίνεται δηλαδή με φορητές συσκευές στο δρόμο και όχι στον πάγκο ενός εργαστηρίου, όπου μπορεί κάθε κατασκευαστής να εκμεταλλευτεί τα «παραθυράκια του νόμου».

Επιπλέον, από το 2021 θα μπει σε ισχύ η δεύτερη φάση, όπου το όριο για τους ρύπους NOx θα μειωθεί ακόμη περισσότερο. Τότε, οι κατασκευαστές αναγκαστικά θα σταματήσουν την εξέλιξη και προώθηση των πετρελαιοκινητήρων, αφού θα είναι πρακτικά πολύ δύσκολο να εξελίξουν νέες και φθηνές τεχνολογίες που θα μειώνουν τις εκπομπές NOx.



Εικόνα 2.2 Μειώσεις εκπομπών Nox, 2001-2015

Είναι γεγονός ότι το τελευταίο διάστημα έχουν υπάρξει αντιδράσεις αφενός από το καταναλωτικό κοινό και αφετέρου από τις ίδιες τις εταιρίες, οι οποίες υποδεικνύουν το τέλος των κινητήρων πετρελαίου. Συγκεκριμένα, η αντίδραση της Renault (που προμηθεύει diesel κινητήρες και τη Nissan και τη Mercedes) ήταν άμεση. Ανακοίνωσε πως με τα νέα δεδομένα εγκαταλείπει την εξέλιξη των diesel για τα καθημερινά αυτοκίνητα (μικρά-μικρομεσαία) και πως μετά το 2020 θα έχει diesel κινητήρες μόνο στα πολύ ακριβά και στα επαγγελματικά αυτοκίνητα.

«Τα αυστηρότερα στάνταρντ εκπομπών ρύπων και οι νέες δοκιμές τους σε πραγματικές συνθήκες που θα τεθούν σε ισχύ το 2018, θα αυξήσουν το κόστος εξέλιξης σε τέτοιο σημείο που οι diesel θα εκδιωχθούν από την αγορά!»

Thierry Bollore, Επικεφαλής Ανταγωνιστικότητας της γαλλικής εταιρείας Renault.

Όσον αφορά την τιμή του, στην Αγγλία και στην Αμερική, το ντίζελ είναι ήδη ακριβότερο από τη βενζίνη. Στην Ελλάδα, από την άλλη, κυκλοφορεί ντίζελ με μια από τις χαμηλότερες τιμές σε όλη την Ευρώπη, κάτι που όμως προβλέπεται να αλλάξει στο άμεσο μέλλον. Φθηνότερες από εμάς είναι πρακτικά χώρες όπως η Ρωσία, η Σαουδική Αραβία, οι Η.Π.Α κτλ. Όλα αυτά φαίνονται και στον παρακάτω σχετικό πίνακα.¹⁹

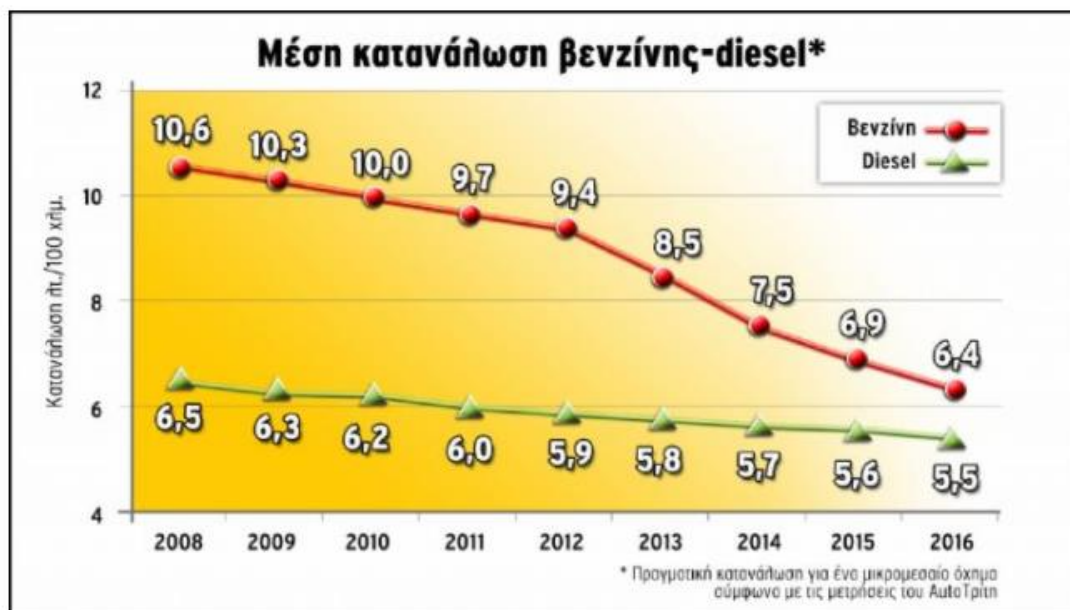
Πίνακας 2.5 Τιμές πετρελαίου diesel, αμόλυβδης βενζίνης και η διαφορά τους, ανά χώρα.

Χώρα	Τιμή βενζίνης	Τιμή diesel	Διαφορά (%)
Ελλάδα	1,389	1,115	19,7
Σ. Αραβία	0,211	0,178	16,8
Πορτογαλία	1,459	1,224	16,1
Γερμανία	1,329	1,119	15,8
Φιλανδία	1,388	1,195	13,8
Γαλλία	1,278	1,113	12,9
Σλοβακία	1,100	0,970	11,8
Ιταλία	1,479	1,314	11,2
Νορβηγία	1,620	1,464	9,6
Ισπανία	1,149	1,047	8,9
Βέλγιο	1,348	1,233	8,5
Κροατία	1,187	1,098	7,5
Ρωσία	0,523	0,485	7,3
Ισλανδία	1,500	1,415	5,7
Σουηδία	1,352	1,305	3,5
Βουλγαρία	1,004	0,984	2,0
Ρουμανία	1,139	1,119	1,8
Ελβετία	1,278	1,260	1,4
Κύπρος	1,110	1,099	1,0
Αλβανία	1,161	1,153	0,7
Μ. Βρετανία	1,323	1,339	-1,2
Η.Π.Α	0,498	0,539	-8,2

Επίσης, ο πετρελαιοκινητήρας είναι πιο ακριβός στην κατασκευή του (διότι έχει ειδικά μέταλλα για να αντέχουν στην απαιτούμενη υψηλή συμπίεση για την καύση του πετρελαίου) και επιπρόσθετα έχει περιφερειακά εξαρτήματα που κοστίζουν ακριβά (π.χ. ειδικά φίλτρα για την κατακράτηση ρυπογόνων ουσιών). Ένα μοντέλο με diesel κινητήρα σε γενικές γραμμές κοστίζει 2000-3000 ευρώ παραπάνω από τη βενζινοκίνητη έκδοση του ίδιου μοντέλου αυτοκινήτου.

Αποτελεί κοινή άποψη, πως οι σύγχρονοι βενζινοκινητήρες καίνε πολύ παραπάνω από τους πετρελαιοκινητήρες. Αυτό θα ίσχυε εάν γινόταν σύγκριση με βάση τις τεχνολογίες του 2010 ή και παλαιότερες. Τότε πραγματικά οι κινητήρες βενζίνης έκαιγαν πολύ, όμως μέχρι σήμερα έχουν εξελιχθεί με πολύ γρήγορους ρυθμούς, πολύ γρηγορότερους μάλιστα σε σχέση με τους diesel.

Στο παρακάτω διάγραμμα, φαίνεται η εξέλιξη της πραγματικής μέσης κατανάλωσης στη μικρομεσαία κατηγορία τα τελευταία χρόνια. Ένα μικρομεσαίο που έκαιγε 10,6 λτ./100 χλμ. το 2008, τώρα καίει 6,4 λτ./100 χλμ.



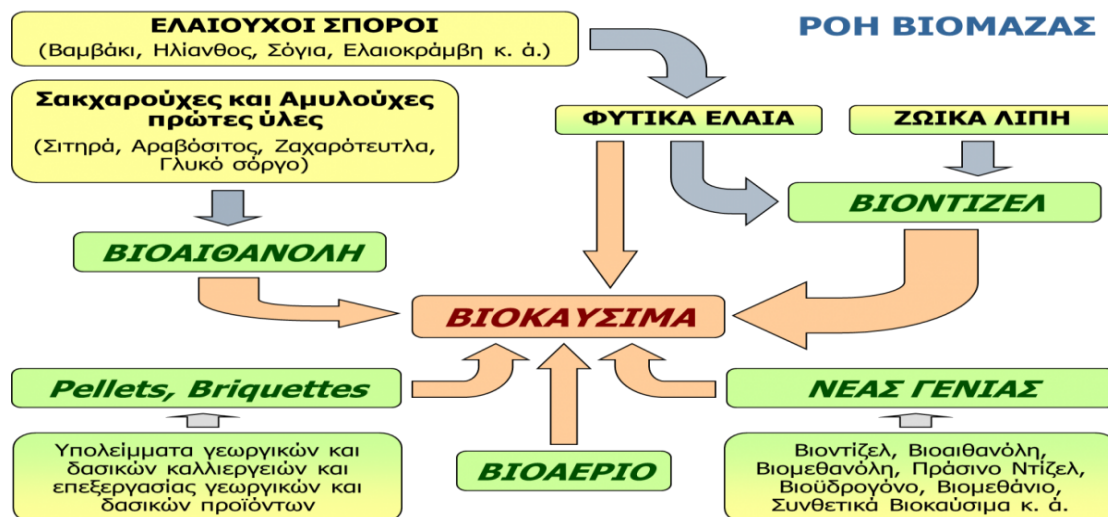
Διάγραμμα 2.1 Μέση κατανάλωση βενζίνης - ντήζελ

Πλέον τα δεδομένα έχουν αλλάξει. Έτσι με την εξέλιξη της τεχνολογίας είναι δυνατόν με μικρά μοτέρ που αποδίδουν υψηλή ροπή και φυσιολογική ισχύ, οι καταναλώσεις των βενζινοκινητήρων να φθάσουν στα ίδια επίπεδα με αυτά των κινητήρων diesel.

2.5 Εναλλακτικά καύσιμα

Ως απόρροια όλων των παραπάνω έρχεται μια ολοένα και αυξανόμενη τάση παγκοσμίως, προς εναλλακτικά συστήματα κίνησης, που έχουν πολύ χαμηλούς ρύπους ή και καθόλου. Παράλληλα οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε εθνικό επίπεδο έχουν ξεπεράσει τα επιτρεπτά όρια της συμφωνίας του Κyoto, με σημαντική συνεισφορά από τον τομέα των μεταφορών.

Η χρήση των βιοκαυσίμων (βιοντίζελ και βιοαιθανόλη) συμβάλει στη μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, και μπορεί να θεωρηθεί ως μία από τις λύσεις για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών για μεταφορές.²⁸



2.5.1 Βιοντήζελ

Το βιοντίζελ παρασκευάζεται από φυτικά έλαια, ζωικά λίπη, ή ανακυκλώσιμα μαγειρικά έλαια και αυξάνει τα οκτάνια του συμβατικού ντίζελ δημιουργώντας καθαρότερη καύση, ενώ είναι μη τοξικό και πλήρως βιοδιασπώμενο. Αποτελείται από μονοαλκυλικούς εστέρες λιπαρών οξέων με μεγάλη ανθρακική αλυσίδα. Οι εστέρες φυτικών ελαίων ή και ζωικών λιπών παράγονται κατά την αντίδραση μετεστεροποίησης, με τη χρήση καταλυτών, των τριγλυκεριδίων σε εστέρες λιπαρών οξέων, κυρίως μεθυλεστέρες.¹⁷ Το βιοντίζελ μπορεί να χρησιμοποιηθεί και αυτόνομα αλλά συνήθως χρησιμοποιείται σε αναλογία 20% μαζί με συμβατικό ντίζελ. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα περισσότερα οχήματα που λειτουργούν με ντίζελ δίχως μετατροπή στον κινητήρα.



Οι κινητήρες ντίζελ με βιοντίζελ προσφέρουν σημαντικά μειωμένες τιμές εκπομπών συγκρινόμενοι με το πετροντίζελ ή με βενζινοκινητήρες, ενώ διατηρούν τα περισσότερα από τα πλεονεκτήματα εξοικονόμησης καυσίμου συγκρινόμενοι με βενζινοκίνητα οχήματα.[34] Όμως, οι αυξημένοι λόγοι συμπίεσης σημαίνουν ότι υπάρχουν αυξημένες εκπομπές οξειδίων του αζώτου (NOx). Αυτό συνδυαζόμενο με το βιολογικό άζωτο που υπάρχει στο βιοντίζελ κάνει τις εκπομπές NOx το κύριο μειονέκτημα των ντιζελοκινητήρων σε σύγκριση με τους βενζινοκινητήρες.

Το βιοντήζελ πρώτης γενιάς από ελαιούχους σπόρους, είναι οριακά βιώσιμο τόσο από οικονομική όσο και από περιβαλλοντική άποψη.

Από οικονομικής άποψης, δεν αναμένεται μεγάλη βελτίωση της παραγωγικής αλυσίδας (καλλιέργεια και βιομηχανία) δηλαδή εντυπωσιακή συμπίεση του κόστους παραγωγής,

τουλάχιστον στις αναπτυσσόμενες χώρες. Βέβαια σε περίπτωση συνεχούς ανόδου της τιμής πετρελαίου το βιοντήζελ γίνεται ανταγωνιστικό.

Από περιβαλλοντικής άποψης, το βιοντήζελ πρώτης γενιάς έχει το χειρότερο ενεργειακό ισοζύγιο συγκρινόμενο με τα υπόλοιπα βιοκαύσιμα (βιοαιθανόλη, πελλέτες, βιοαέριο). Συγκεκριμένα, ο λόγος εκροές/εισορές, δηλαδή η ποσότητα της τελικής ενέργειας που παρέχει το βιοντήζελ (εκροές) προς την ενέργεια που δαπανάται κατά την παραγωγική διαδικασία και προέρχεται από ορυκτά καύσιμα (εισορές) διαμορφώνεται σε 2,5 για παραγωγή βιοντήζελ από ελαιοκράμβη, όταν ξεπερνά το 8 για παραγωγή αιθανόλης από ζαχαροκάλαμο και είναι πάνω από 22 για παραγωγή στερεού καυσίμου (πελλέτας) από καλλιέργειες όπως το ινώδες σόργο ή την αγριαγκινάρα.²⁰

Πίνακας 2.6 Ιδιότητες για βιοντήζελ από διάφορες πρώτες ύλες και για πετρέλαιο κίνησης¹⁷

Καύσιμο	Πυκνότητα	Ιξώδες	Θείο	Σημείο ανάφλεξης	Αριθμός κετανίου
Προδιαγραφή (πετρέλαιο κίνησης)	0,820-0,845 (g/ml, 15°C)	2-4,5 (cSt, 40°C)	50 (10) ppm	55°C ελάχιστο	51
Πετρέλαιο κίνησης (τυπικό)		2,6-3,2	50		Έως 53
Μεθυλεστέρες σογιέλαιου	0.8810 - 0.889	3.77 - 4.23	-	60 - 72	45.8 – 51.4
Μεθυλεστέρες κραμβέλαιου	0.8738 – 0.885	4.48 - 6.1	-	66 - 179	40.0 – 61.8
Αιθυλεστέρες σογιέλαιου	0.8745- 0.8772	4.11 - 5.83	-	84 - 170	48.2
Βουτυλεστέρες σογιέλαιου	0.8810	4.41	-	96 - 138	51.7
Μεθυλεστέρες ζωικών ελαίων	0.876	6.17	-	160	58.8
Αιθυλεστέρες κραμβέλαιου	0.88	4.6	-	158	49.0
Μεθυλεστέρες ηλιέλαιου	0.88	5.78	-	185	49.0
Μεθυλεστέρες βαμβακέλαιου	0.87	3.77 - 4.23	-	183	51.2
Μεθυλεστέρες φοινικέλαιου	0.8713	4.48 - 6.1	-	110	50.0
Αιθυλεστέρες προτηγανισμένων ελαίων	0.8716	4.11 - 5.83	-	174	61.0

2.5.2 Βιοαιθανόλη

Η αιθανόλη παράγεται από τη ζύμωση της ζάχαρης που περιέχεται σε φυτικά προϊόντα (ζαχαροκάλαμο, ζαχαρότευτλο, κεχρί). Επίσης, κυτταρινούχα προΐοντα (ξύλο, άχυρο) αποτελούν σημαντική πρώτη ύλη για την παραγωγή αιθανόλης. Η αιθανόλη που περιέχει 5% νερό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο σε βενζινοκινητήρες και ντηζελοκινητήρες. Για χρήση καθαρής αιθανόλης, ο κινητήρας πρέπει να αναβαθμιστεί. Η αναβάθμιση αυτή περιλαμβάνει μετατροπές στο δοχείο καυσίμου, στα ελαστομερή (αντλία, σωληνώσεις) που πρέπει να είναι ανθεκτικά στη αιθανόλη, στα έδρανα των βαλβίδων και στη ρύθμιση του ηλεκτρονικού συστήματος ελέγχου.

Χάρη στη νομοθεσία για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που θέσπισε την υποχρέωση συμπερίληψης διαφόρων υγρών ανανεώσιμων βιοκαυσίμων στη βενζίνη, η αιθανόλη από καλαμπόκι εισήχθη στην αγορά των καυσίμων. Περίπου 84 μοντέλα αυτοκινήτων χαρακτηρίζονται ως «ενεργειακά ευέλικτα» που σημαίνει ότι μπορούν να λειτουργήσουν με μίγματα καυσίμων αποτελούμενα μέχρι και κατά 85% από αιθανόλη.



Τελευταία, η αντίδραση στη χρήση αιθανόλης έχει αυξηθεί καθώς έγινε αντιληπτό ότι η αιθανόλη περιέχει λιγότερη ενέργεια από τη βενζίνη που συνεπάγεται μειωμένη αυτονομία, ενώ απαιτείται και πολύ ενέργεια για την παρασκευή της με συνέπεια αυξημένους ρύπους διοξειδίου του άνθρακα. Οι πολέμοι της αιθανόλης υποστηρίζουν επίσης ότι η χρήση της είναι ανήθικη επειδή δεσμεύει περίπου το 40% της παραγωγής καλαμποκιού ανεβάζοντας έτσι την τιμή του.

2.5.3 Υγραέριο / LPG (Liquefied Petroleum Gas)

Το υγραέριο ή LPG (Liquefied Petroleum Gas) παράγεται από το πετρέλαιο κατά τη βιομηχανική επεξεργασία διύλισής του. Είναι ένα μίγμα υδρογονανθράκων της σειράς των παραφινών και αποτελείται κυρίως από προπάνιο και βουτάνιο. Το υγραέριο είναι βαρύτερο του αέρα (1,6 έως 2,1 φορές) και γι' αυτό το λόγο σε περίπτωση διαρροής λόγω ατυχήματος, υπάρχει ο κίνδυνος ανάφλεξης του αερίου και έκρηξης. Ως εκ τούτου, το δοχείο του καυσίμου τοποθετείται χαμηλά και όσο γίνεται στο κέντρο του οχήματος. Η θερμοκρασία ανάφλεξης του LPG είναι στους 480 °C, όταν στη βενζίνη είναι γύρω στους 300 °C και στο πετρέλαιο στους 220 βαθμούς Κελσίου.

2.5.4 Φυσικό αέριο / CNG (Compressed Natural Gas)

Το φυσικό αέριο ή CNG (Compressed Natural Gas), όπως υποδηλώνει και η ονομασία του προέρχεται από την φύση και εξάγεται από γεωτρήσεις, σε αντίθεση με το LPG που είναι παράγωγο του πετρελαίου. Μετά την εξαγωγή του μεταφέρεται με αγωγούς που βρίσκονται υπό πίεση, καθώς υγροποιείται σε πολύ υψηλές πιέσεις. Το CNG αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και είναι ελαφρύτερο από τον ατμοσφαιρικό αέρα κατά 0,6 φορές (0,55:1), γεγονός που το καθιστά ασφαλές σε περίπτωση ατυχήματος, αφού διαφεύγει προς τα πάνω και διαχέεται εύκολα στην ατμόσφαιρα. Η μικρή θερμογόνο δύναμη σε σχέση με τη βενζίνη, προκαλεί απώλεια ισχύος στον κινητήρα. Η θερμοκρασία ανάφλεξης του είναι υψηλότερη έναντι των άλλων καυσίμων, στους 650 βαθμούς Κελσίου. Τέλος ο υψηλός αριθμός οκτανίου, βοηθά στην αποφυγή του φαινομένου της αυτανάφλεξης δίνοντας τη δυνατότητα για μεγαλύτερη σχέση συμπίεσης και επομένως αύξηση της απόδοσης.



Όλα τα οχήματα που χρησιμοποιούν υγραέριο κίνησης ή φυσικό αέριο κίνησης είναι διπλού καυσίμου, που σημαίνει ότι κινούνται και με βενζίνη, διαθέτοντας ξεχωριστό ρεζερβουάρ. Μπορούν να κινηθούν με υγραέριο και βενζίνη ή με φυσικό αέριο και βενζίνη σε περίπτωση που τελειώσει ένα από τα δύο καύσιμα. Έτσι επιτυγχάνεται και μεγαλύτερη αυτονομία και οικονομία. Γενικά τα πλεονεκτήματά τους είναι η χαμηλή τιμή του καυσίμου και οι μειωμένες εκπομπή ρύπων. [<http://www.autogreeknews.gr/autokinita-fusikou-aeriou-aeriokinisi/6940-ygraerio-kinisis-lpg-i-fysiko-aerio-cng-ti-einai-kai-pou-diaferoun>]

2.5.5 Κινητήρες προπανίου

Το προπάνιο παράγεται από φυσικό αέριο μέσω της διύλισης του πετρελαίου και του φυσικού αερίου. Παρότι έχει αυξημένα οκτάνια και κάνει καθαρή καύση, το κόστος του είναι περίπου το ένα τρίτο της τιμής της βενζίνης. Όμως η αποθήκευσή του γίνεται σε δεξαμενές υπό πίεση και η υποδομή αποθήκευσης είναι περιορισμένη.

Σήμερα, η ευκολία αποθήκευσης και οι μειωμένες εκπομπές έχουν αυξήσει τη χρήση του προπανίου σε οχήματα δημόσιας χρήσης (περιπολικά και σχολικά λεωφορεία) και σε επαγγελματικά φορτηγά. Εκτιμάται ότι περισσότερα από 270.000 οχήματα που λειτουργούν με προπάνιο κυκλοφορούν αυτή τη στιγμή στους δρόμους των ΗΠΑ.



2.5.6 Υβριδικά οχήματα βενζίνης-ηλεκτρισμού

Τα υβριδικά αυτοκίνητα, χρησιμοποιούν για την κίνησή τους έναν βενζινοκινητήρα και μαζί έναν ή και περισσότερους ηλεκτροκινητήρες, για να μην χάσουν σε απόδοση και παράλληλα, να μειώσουν ακόμη περισσότερο τους ρύπους. Με λίγα λόγια συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα των ηλεκτρικών και των συμβατικών οχημάτων.



Τα πρώτα υβριδικά μοντέλα, το Honda Insight και το Toyota Prius, κυκλοφόρησαν το 1999 ενώ σήμερα υπάρχουν περίπου 40 μοντέλα διαθέσιμα. Η χρήση ηλεκτρισμού για τη μερική κίνηση των οχημάτων έχει σημαντικές επιπτώσεις στην κατανάλωση και τις εκπομπές καυσαερίων. Η μπαταρία των οχημάτων αυτών επαναφορτίζεται μέσω του συστήματος πέδησης και από τον βενζινοκινητήρα, οπότε δε χρειάζεται φόρτιση. Παρότι το Prius παραμένει ένα από τα πιο δημοφιλή μοντέλα, στη λίστα των διαθέσιμων υβριδικών έχουν προστεθεί και αυτοκίνητα υψηλών επιδόσεων από τη Ferrari και την Porsche.²¹

2.5.7 Επαναφορτιζόμενα Υβριδικά οχήματα

Οι επαναφορτιζόμενοι υβριδικοί κινητήρες είναι παρόμοιοι με τους υβριδικούς βενζίνης-ηλεκτρισμού αλλά έχουν μεγαλύτερες μπαταρίες που μπορούν να κινήσουν το όχημα αυτόνομα δίχως τη χρήση κινητήρα εσωτερικής καύσης με συνέπεια την εκπομπή μηδενικών ρύπων. Οι μπαταρίες αυτές επαναφορτίζονται με σύνδεση σε μια ηλεκτρική πηγή. Το κόστος των μεγαλύτερων μπαταριών είναι όμως μεγάλο και μόνο τέσσερα τέτοια μοντέλα είναι διαθέσιμα στις ΗΠΑ αυτή τη στιγμή.



2.5.8 Ενεργειακές κυψέλες Υδρογόνου

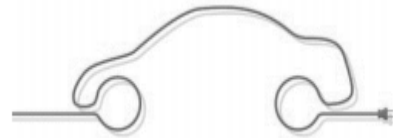
Η τεχνολογία κυψελών παραγωγής ενέργειας με καύσιμο το υδρογόνο είναι μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική μορφή ενέργειας για την κίνηση των οχημάτων του μέλλοντος αρκεί να διασφαλιστεί η αποθήκευση του υγροποιημένου υδρογόνου τόσο στους σταθμούς ανεφοδιασμού όσο και στο αυτοκίνητο. Το υδρογόνο είναι ελκυστικό σαν καύσιμο επειδή μπορεί να παραχθεί τοπικά και κάνει καθαρή καύση, ενώ τα οχήματα που λειτουργούν με ενεργειακές κυψέλες είναι δύο με τρεις φορές πιο αποδοτικά από τα οχήματα που λειτουργούν με βενζίνη. Το μεγάλο μειονέκτημα της τεχνολογίας αυτής είναι το τεράστιο κόστος παραγωγής των κυψελών και του δικτύου ανεφοδιασμού, καθώς και η ασφαλής αποθήκευση του υδρογόνου. Οικονομικές και περιβαλλοντικές μελέτες έχουν δείξει ότι υπάρχει μεγάλη πιθανότητα τα οχήματα κυψελών καυσίμου, εάν συνδυαστούν με την κατάλληλη πηγή ενέργειας (υδρογόνο), να είναι οικονομικά ανταγωνιστικά και με τις χαμηλότερες εκπομπές ρύπων προς το περιβάλλον. (Veziroglu, Macario, 2011).



Στην Γερμανία υπάρχουν ελάχιστα πρατήρια με υδρογόνο, ενώ σε επίπεδο κατασκευαστών, έχει ήδη δοκιμασθεί το Honda FCX Clarity και το Toyota FCV. Η Honda προχώρησε ένα βήμα παραπέρα παρουσιάζοντας από το 2009 στην Αμερική και στην Ιαπωνία το μοντέλο FCX Clarity με κυψέλες καύσιμου. Το Honda Clarity, αποτελεί το πρώτο υδρογονοκίνητο όχημα μαζικής παραγωγής και κυκλοφορεί ήδη στους δρόμους των ΗΠΑ. Αντίστοιχα, η Toyota το 2015 έθεσε στην μαζική παραγωγή το πειραματικό μοντέλο FCV (Fuel Cell Vehicle), είκοσι χρόνια μετά την παρουσίαση του υβριδικού Prius. Οι πρώτες δοκιμές επέδειξαν αυτονομία 483 χλμ. και ανεφοδιασμό υδρογόνου σε μόλις 3 λεπτά.²²

2.5.9 Ηλεκτρικά οχήματα

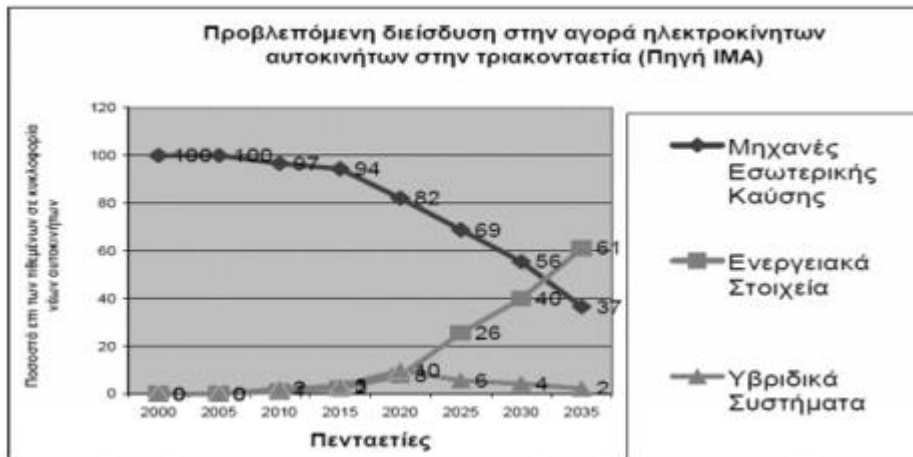
Στην περίπτωση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, οι κατασκευαστές χρησιμοποιούν έναν ή και περισσότερους ηλεκτροκινητήρες για να μηδενίσουν τους ρύπους και να «απεξαρτηθούν» εντελώς από τα ορυκτά καύσιμα. Τα ηλεκτρικά οχήματα δεν



χρησιμοποιούν καθόλου βενζίνη. Έχουν μια μπαταρία για αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία κινεί τον κινητήρα. Η αποδοχή τους και το ενδιαφέρον για τη χρήση τους όλο και αυξάνεται, εξ' αιτίας της κλιματικής αλλαγής, της αύξησης της τιμής και της εξάντλησης του πετρελαίου. Το μεγαλύτερο μειονέκτημά αυτών των οχημάτων είναι η περιορισμένη αυτονομία και η έλλειψη σταθμών επαναφόρτισης πόσο μάλλον για γρήγορη φόρτιση, μέσω ταχυφορτιστών, ακόμα και στο εθνικό οδικό δίκτυο. Ωστόσο, με την εξέλιξη της τεχνολογίας και των υποδομών που απαιτούνται για τα εν λόγω οχήματα (σταθμοί φόρτισης, πιο γρήγορο γέμισμα των μπαταριών, μεγαλύτερη αυτονομία με ένα γέμισμα κ.ο.κ.), όλοι οι αναλυτές εκτιμούν ότι τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα θα κυριαρχήσουν στην αυτοκίνηση του μέλλοντος.

Σήμερα, πάραυτα διαθέσιμα στην αγορά πολλά διαφορετικά μοντέλα ηλεκτρικών οχημάτων από μεγάλες αυτοκινητοβιομηχανίες, όπως οι Ford, Chrysler, Nissan, Honda, Toyota, Volkswagen, BMW, Citroën, Renault, καθώς και νεοσύστατες εταιρείες οι οποίες επενδύουν στην ανάπτυξη και τη βελτίωση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, όπως οι Tesla Motors, Tazzari, Mia Electric, CODA, κ.ά. Ένα από αυτά είναι το Smart Electric Drive forfour με κόστος 23.810€, με αυτονομία 155 χιλιόμετρα που καλύπτουν άνετα τις ημερήσιες ανάγκες μετακίνησης, ενώ η φόρτισή του από το 20% έως το 100% απαιτεί μόλις 3,5 ώρες σε ταχυφορτιστή Wallbox ή 6 ώρες σε οικιακή πρίζα.

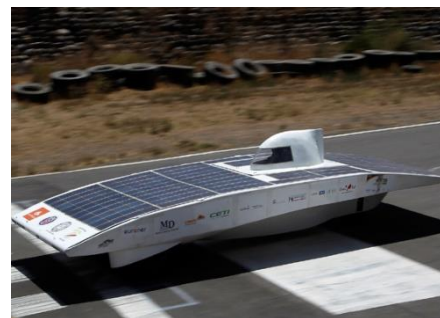
Στο διάγραμμα που ακολουθεί φαίνεται η προβλεπόμενη διείσδυση των ηλεκτροκίνητων αυτοκινήτων στην παγκόσμια αγορά. Προβλέπεται ότι το 2035 θα ταξινομούνται σε ολόκληρο τον κόσμο νέα αυτοκίνητα τα οποία θα είναι σε ποσοστό 63% ηλεκτροκίνητα και σε ποσοστό 37% συμβατικά.



Διάγραμμα 2.1 Διείσδυση ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων στην αγορά

2.5.10 Ηλιακά οχήματα

Το Οκτώβριο του 2013 ένα όχημα που κινείται με ηλιακή ενέργεια διένυσε σχεδόν 3.000 χιλιόμετρα στην Αυστραλία με μέση ωριαία ταχύτητα 85χλμ. Ακούγεται ιδανικό -η ηλιακή ενέργεια είναι δωρεάν και είναι καθαρή- αλλά υπάρχουν ορισμένα μειονεκτήματα. Το ολλανδικής κατασκευής όχημα μετέφερε μόνο ένα οδηγό, ταξίδευε μόνο ημέρα και είχε μια μικρή μπαταρία για να ξεκινήσει. Οι φωτοβολταϊκές κυψέλες που δεσμεύουν την ηλιακή ακτινοβολία είναι ακριβές ενώ το όχημα ήταν κατασκευασμένο από ελαφρά κράματα, όπως τιτάνιο που κοστίζει πολύ. Όμως, τα ηλιακά οχήματα μπορεί να χρησιμεύσουν για τις δημόσιες συγκοινωνίες ενώ ήδη υπάρχουν ορισμένα οχήματα για γκολφ που λειτουργούν με ηλιακή ενέργεια.



2.5.11 Ατμοκινητήρες

Μεταξύ του 1899 και του 1905, το Stanley Steamer σημείωνε μεγαλύτερες πωλήσεις από όλα τα βενζινοκίνητα οχήματα στις ΗΠΑ. Οι ατμοκινητήρες υπάρχουν από τις αρχές του 18ου αιώνα. Όμως οι κινητήρες εσωτερικής καύσης σύντομα σημείωσαν μεγάλη πρόοδο μόλις απέκτησαν μίζα για να ξεκινούν μόνοι τους, ενώ τα οχήματα με ατμοκινητήρες έπρεπε να κουβαλάνε ένα τεράστιο καυστήρα.



Τα οχήματα που κινούνται με ατμό δεν είναι εντελώς ξεγραμμένα διότι μπορούν να λειτουργήσουν με απορρίμματα, ξύλο, και αργό πετρέλαιο -η General Motors δοκίμασε δύο πειραματικά οχήματα το 1969- αλλά είναι σχετικά μη αποδοτικά και έχουν μεγάλο βάρος. Το 2009, ένα σύγχρονο όχημα με ατμοκινητήρα κατέρριψε το ρεκόρ ταχύτητας που κατείχε το Stanley Steamer πιάνοντας τα 210 χλμ. / ώρα, όμως είχε βάρος τριών τόνων και οι σωληνώσεις του συνολικό μήκος τρία χιλιόμετρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Νομοθεσία Ε.Ε για τα όρια εκπομπών ρύπων

3.1 Γενικά

Τα Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών είναι ένα σύνολο από απαιτήσεις, οι οποίες καθορίζουν τα αποδεκτά όρια των εκπεμπόμενων ρύπων των νέων οχημάτων που πωλούνται στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Τα πρότυπα καθορίζονται σε μια σειρά από οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης οι οποίες κατευθύνονται στην σταδιακή επιβολή όλο και πιο αυστηρών προδιαγραφών. Εκπομπές ΝΟx, ΗC, CO και μικροσωματιδίων ρυθμίζονται σε διαφορετικά πρότυπα ανάλογα με τον τύπο του οχήματος ενώ ο έλεγχος της συμμόρφωσης με τις προδιαγραφές γίνεται με τυποποιημένους «Κύκλους Πόλης» που έχει υιοθετήσει η Ευρωπαϊκή Ένωση. Οχήματα που δεν τηρούν τις προδιαγραφές δεν μπορούν να ταξινομηθούν στα κράτη μέλη της Ε.Ε. ενώ τα νέα πρότυπα δεν ισχύουν για οχήματα που βρίσκονται ήδη στη κυκλοφορία.

3.2 Νομοθεσία για τις εκπομπές ρύπων

Στις 20 Μαρτίου 1970 η Ευρωπαϊκή Ένωση εξέδωσε την Οδηγία 70/220/ΕΟΚ όσον αφορά τα μέτρα που θα ληφθούν για την καταπολέμηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τις εκπομπές των οχημάτων με κινητήρα. Από τότε η οδηγία τροποποιήθηκε με τα εξής μέτρα, τα οποία αναφέρονται ακολούθως:

- οδηγία 74/290/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 28ης Μαΐου 1974, πρώτη μείωση στις οριακές τιμές των εκπομπών μονοξειδίου του άνθρακα και άκαυστων υδρογονανθράκων.
- οδηγία 77/102/ΕΟΚ της Επιτροπής της 30ης Νοεμβρίου 1976, εισαγωγή οριακών τιμών και για τις επιτρεπόμενες εκπομπές οξειδίων του αζώτου.
- οδηγία 78/665/ΕΟΚ της Επιτροπής της 14ης Ιουλίου 1978, μείωση για τις οριακές τιμές για τους τρεις αυτούς ρύπους.
- οδηγία 83/351/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 16ης Ιουνίου 1983, επόμενη μείωση στις οριακές τιμές
- οδηγία 88/76/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 3ης Δεκεμβρίου 1987, επιπλέον μείωση των προηγούμενων δυο οδηγιών.
- οδηγία 88/436/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 16ης Ιουνίου 1988, καθορισμός οριακών τιμών για την εκπομπή ρυπογόνων σωματιδίων στους κινητήρες ντίζελ.
- οδηγία 89/458/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 18ης Ιουλίου 1989, θεσπίστηκαν αυστηρότερα ευρωπαϊκά πρότυπα για τις εκπομπές ρύπων για οχήματα με κινητήρα κάτω των 1400 κυβικών εκατοστών.
- οδηγία 91/441/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 26ης Ιουνίου 1991, θεσπίστηκαν απαιτήσεις σχετικά με τις εκπομπές από εξάτμιση καθώς και αυστηρότερα πρότυπα για τα ρυπογόνα σωματίδια που εκπέμπονται από κινητήρες ντίζελ. Διαδοχικά η Ευρωπαϊκή Ένωση δημοσιεύει τις παρακάτω οδηγίες θεσιάζοντας ακόμη αυστηρότερες οριακές τιμές για όλους του ρύπους των επιβατηγών οχημάτων:
- οδηγία 94/12/ΕΚ του Συμβουλίου της 23ης Μαρτίου 1994
- οδηγία 96/69/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 8ης Οκτωβρίου 1996

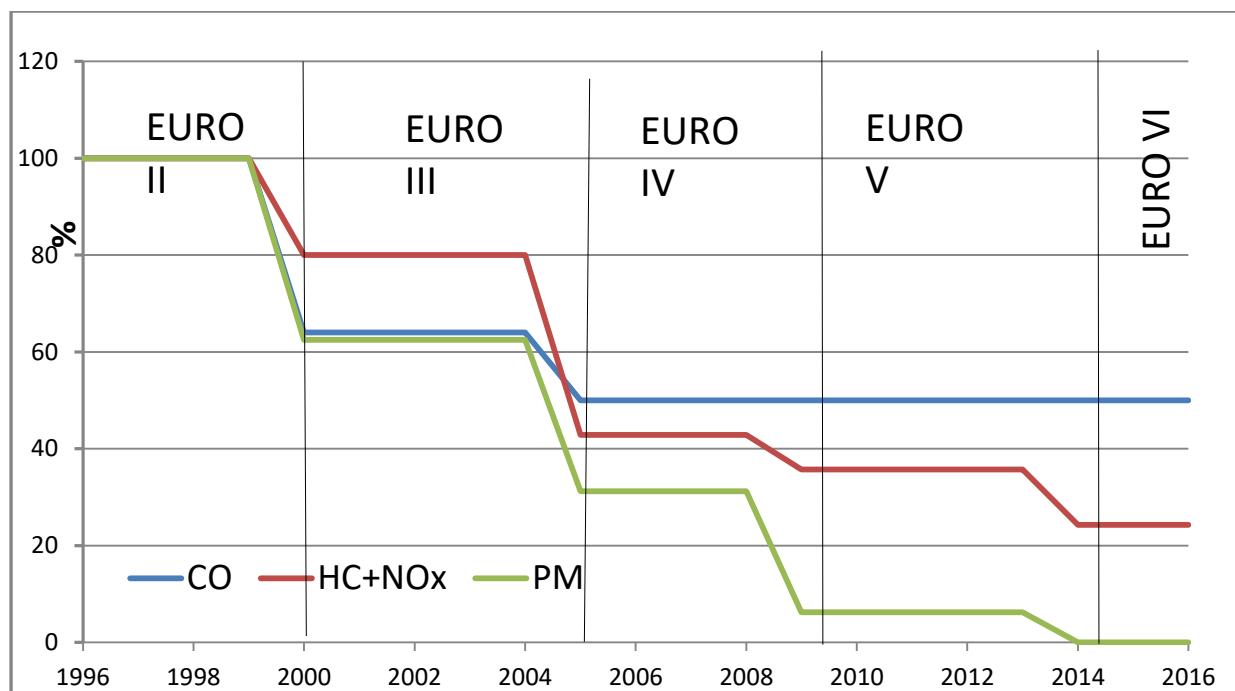
- οδηγία 96/69/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 13ης Οκτωβρίου 1998
- οδηγία 99/102/ΕΚ της Επιτροπής της 15ης Δεκεμβρίου 1999
- οδηγία 2001/1/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 22ας Ιανουαρίου 2001
- οδηγία 2001/100/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 7ης Δεκεμβρίου 2001.

Πίνακας 3.1 Η εξέλιξη των προτύπων εκπομπών σε g/km στη Ευρωπαϊκή Ένωση^[23]

ΠΡΟΤΥΠΑ	ΕΤΟΣ	CO	HC+NO _x	XC	NO _x
ECE 15	1971	39.70		3.00	
ECE 15- 01	1975	31.80		2.56	
ECE 15- 02	1977	31.80		2.56	3.56
ECE 15- 03	1979	25.70		2.27	3.01
ECE 15- 04	1984	19.80	6.32		
89/76/EEC	1990	11.30	3.80		<1.50
91/44/EEC	1993	2.72	0.97		
94/12/EEC	1997	2.00	0.50		
EURO3	2003	1.00		.20	0.15

3.3 Εξέλιξη ευρωπαϊκών προτύπων εκπομπών(Euro1,2,3,4,5,6)

Με απώτερο σκοπό τη μείωση των αέριων ρύπων και επομένως την προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας, η Ε.Ε έχει διαμορφώσει ένα θεσμικό πλαίσιο με τα αποδεκτά όρια για τις εκπομπές καυσαερίων από τα νέα οχήματα που πωλούνται και κυκλοφορούν στην Ευρώπη. Μη συμμορφούμενα οχήματα δεν μπορούν να πωληθούν στην ΕΕ. Τα νέα πρότυπα όμως, δεν ισχύουν για οχήματα που βρίσκονται ήδη στους δρόμους. Αυτό το θεσμικό πλαίσιο εμπλουτίζεται συνεχώς με νέες συμπληρωματικές οδηγίες και τροποποιήσεις (Euro 1,2,3,4,5 και 6), οι οποίες θέτουν ολοένα και αυστηρότερα όρια εκπομπών^[24].



Διάγραμμα 3.1. Ποσοστιαία μείωση των ορίων εκπομπής ρύπων, για τους ντιζελοκινητήρες των επιβατικών αυτοκινήτων, στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Ιδία επεξεργασία)

Η ποιότητα των καυσίμων είναι ένα σημαντικό στοιχείο για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τις μεταφορές. Η νομοθεσία της ΕΕ απαιτεί την ένταση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου των καυσίμων των οχημάτων να μειωθούν έως και κατά 10% μέχρι το 2020.^[25]

Έτσι λοιπόν, οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου (NOx), υδρογονανθράκων (THC), πτητικών οργανικών ουσιών (NMHC), μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και αιωρούμενων σωματιδίων (PM) έχουν καθοριστεί για τους περισσότερους τύπους οχημάτων, συμπεριλαμβανομένων των αυτοκινήτων, φορτηγών, τρένων, τρακτέρ και παρόμοιων μηχανημάτων. Για κάθε τύπο οχήματος, ισχύουν διαφορετικά πρότυπα όπου η συμμόρφωση καθορίζεται από τη λειτουργία του κινητήρα σε ένα τυποποιημένο κύκλο οδήγησης. Παρακάτω φαίνεται μια λίστα των προτύπων Euro 1, Euro 2, Euro 3, Euro 4, Euro 5 και Euro 6. Οι οδηγίες αυτές είναι κατά κύριο λόγο μια τροποποίηση της οδηγίας 70/220/ΕΟΚ του 1970.

Τα ευρωπαϊκά πρότυπα ανώτατων εκπεμπόμενων ρύπων συνοψίζονται στους παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 3.2. Ευρωπαϊκές προδιαγραφές εκπομπών ρύπων για ελαφρά επαγγελματικά αυτοκίνητα

Τύπος	Ημερομηνία	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM	PN
Ντίζελ (ανάφλεξη με συμπίεση)							
Euro 1†	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	0.14 (0.18)	-
Euro 2, IDI	1996.01	1.0	-	0.7	-	0.08	-
Euro 2, DI	1996.01a	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	2009.09b	0.50	-	0.23	0.18	0.005f	-
Euro 5b	2011.09c	0.50	-	0.23	0.18	0.005f	6.0×10 ¹¹
Euro 6	2014.09	0.50	-	0.17	0.08	0.005f	6.0×10 ¹¹
Θετική ανάφλεξη (βενζίνη)							
Euro 1†	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	-	-
Euro 2	1996.01	2.2	-	0.5	-	-	-
Euro 3	2000.01	2.30	0.20	-	0.15	-	-
Euro 4	2005.01	1.0	0.10	-	0.08	-	-
Euro 5	2009.09b	1.0	0.10d	-	0.06	0.005e,f	-
Euro 6	2014.09	1.0	0.10d	-	0.06	0.005e,f	6.0×10 ¹¹ e,g
<p>* Στο EURO 1-4, τα επιβατικά οχήματα > 2.500 kg ήταν εγκεκριμένου τύπου όπως τα οχήματα της κατηγορίας N1</p> <p>† Τιμές σε παρένθεση συμμόρφωσης της παραγωγής (COP) σε όρια</p> <p>α. μέχρι τις 1999.09.30 (μετά την ημερομηνία αυτή DI κινητήρες πρέπει να πληρούν τα IDI όρια)</p> <p>β. 2011.01 Για όλα τα μοντέλα</p> <p>γ. 2013.01 Για όλα τα μοντέλα</p> <p>δ. και NMHC = 0,068 g/km</p> <p>ε. ισχύει μόνο για τα αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν DI κινητήρες</p> <p>ζ. 0,0045 G/km χρησιμοποιώντας την PMP διαδικασία μέτρησης</p> <p>η. 6,0 ×10¹² 1/χλμ εντός των πρώτων τριών ετών από EURO 6 με αποτελεσματική ημερομηνία</p>							

Κατηγορία†	Φάση	Ημερομηνία	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM	PN
Ντίζελ (ανάφλεξη με συμπίεση)								
N1, Class I ≤1305 kg	Euro 1	1994.10	2.72	-	0.97	-	0.14	-
	Euro 2 IDI	1998.01	1.0	-	0.70	-	0.08	-
	Euro 2 DI	1998.01a	1.0	-	0.90	-	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	2009.09b	0.50	-	0.23	0.18	0.005f	-
	Euro 5b	2011.09d	0.50	-	0.23	0.18	0.005f	6.0×1011
	Euro 6	2014.09	0.50	-	0.17	0.08	0.005f	6.0×1011
N1, Class II 1305-1760 kg	Euro 1	1994.10	5.17	-	1.40	-	0.19	-
	Euro 2 IDI	1998.01	1.25	-	1.0	-	0.12	-
	Euro 2 DI	1998.01a	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 5a	2010.09c	0.63	-	0.295	0.235	0.005f	-
	Euro 5b	2011.09d	0.63	-	0.295	0.235	0.005f	6.0×1011
	Euro 6	2015.09	0.63	-	0.195	0.105	0.005f	6.0×1011
N1, Class III >1760 kg	Euro 1	1994.10	6.90	-	1.70	-	0.25	-
	Euro 2 IDI	1998.01	1.5	-	1.20	-	0.17	-
	Euro 2 DI	1998.01a	1.5	-	1.60	-	0.20	-
	Euro 3	2001.01	0.95	-	0.86	0.78	0.10	-
	Euro 4	2006.01	0.74	-	0.46	0.39	0.06	-
	Euro 5a	2010.09c	0.74	-	0.350	0.280	0.005f	-
	Euro 5b	2011.09d	0.74	-	0.350	0.280	0.005f	6.0×1011
	Euro 6	2015.09	0.74	-	0.215	0.125	0.005f	6.0×1011
N2	Euro 5a	2010.09c	0.74	-	0.350	0.280	0.005f	-
	Euro 5b	2011.09d	0.74	-	0.350	0.280	0.005f	6.0×1011
	Euro 6	2015.09	0.74	-	0.215	0.125	0.005f	6.0×1011
Θετική ανάφλεξη (Βενζίνη)								
N1, Class I ≤1305 kg	Euro 1	1994.10	2.72	-	0.97	-	-	-
	Euro 2	1998.01	2.2	-	0.50	-	-	-
	Euro 3	2000.01	2.3	0.20	-	0.15	-	-
	Euro 4	2005.01	1.0	0.10	-	0.08	-	-
	Euro 5	2009.09b	1.0	0.10g	-	0.06	0.005e,f	-
	Euro 6	2014.09	1.0	0.10g	-	0.06	0.005e,f	6.0×1011 e,j
N1, Class II 1305-1760	Euro 1	1994.10	5.17	-	1.40	-	-	-

kg								
	Euro 2	1998.01	4.0	-	0.65	-	-	-
	Euro 3	2001.01	4.17	0.25	-	0.18	-	-
	Euro 4	2006.01	1.81	0.13	-	0.10	-	-
	Euro 5	2010.09c	1.81	0.13h	-	0.075	0.005e,f	-
	Euro 6	2015.09	1.81	0.13h	-	0.075	0.005e,f	6.0×10 ¹¹ e,j
N1, Class III >1760 kg	Euro 1	1994.10	6.90	-	1.70	-	-	-
	Euro 2	1998.01	5.0	-	0.80	-	-	-
	Euro 3	2001.01	5.22	0.29	-	0.21	-	-
	Euro 4	2006.01	2.27	0.16	-	0.11	-	-
	Euro 5	2010.09c	2.27	0.16i	-	0.082	0.005e,f	-
	Euro 6	2015.09	2.27	0.16i	-	0.082	0.005e,f	6.0×10 ¹¹ e,j
N2	Euro 5	2010.09c	2.27	0.16i	-	0.082	0.005e,f	-
	Euro 6	2015.09	2.27	0.16i	-	0.082	0.005e,f	6.0×10 ¹¹ e,j

† 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
α. μέχρι της 1999.09.30 (μετά την ημερομηνία αυτή DI κινητήρες πρέπει να πληρούν τα IDI όρια)
β. 2011.01 Για όλα τα μοντέλα
γ. 2012.01 Για όλα τα μοντέλα
δ. 2013.01 Για όλα τα μοντέλα
ε. ισχύει μόνο για τα αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν DI κινητήρες
η. 0,0045 G/km χρησιμοποιώντας την PMP διαδικασία μέτρησης
θ. και NMHC = 0,068 g/km h. και NMHC = 0,090 g/km i. και NMHC = 0,108 g/km j. 6,0 ×10¹² 1/χλμ εντός των πρώτων τριών ετών από EURO 6 ημερομηνίες

Κατά την εφαρμογή των Euro οι εκπομπές ρύπων των οχημάτων μειώθηκαν σε πολύ μεγάλο ποσοστό με αποτέλεσμα να ελαττωθεί η μόλυνση του περιβάλλοντος. Στο παρακάτω πίνακα (3.3) βλέπουμε την βελτίωση ορισμένων ποιοτικών χαρακτηριστικών της βενζίνης και του πετρελαίου.

Πίνακας 3.3. Προδιαγραφές οδικών καυσίμων, τα έτη 1996-2005, στην Ευρωπαϊκή Ένωση^[12]

NTIZEΛ	Euro 2 (1996)	Euro 3 (2000)	Euro 4 (2005)	Euro 5 (2008)
Περιεκτικότητα σε θείο	500ppm*	350ppm	50ppm	10ppm
Αριθμός κετανίου	49	51	51	-
BENZINH	Euro 2 (1996)	Euro 3 (2000)	Euro 4 (2005)	Euro 5 (2008)
Περιεκτικότητα σε θείο	500 ppm	150 ppm	50 ppm	10 ppm
Περιεκτικότητα σε βενζόλιο	5 % v/v	1 % v/v	1% v/v	-

3.4 Οι ευρωπαϊκές χώρες και η συμμόρφωσή τους στα επιτρεπόμενα όρια εκπομπών

Στα παραπάνω θεσμοθετημένα όρια (Euro1-Euro6) , σύμφωνα με το νομικό πλαίσιο, θα πρέπει να συμμορφώνονται όλες οι χώρες της Ε.Ε. Από την έναρξη ισχύος των προτύπων Euro 5 και Euro 6, τα κράτη μέλη πρέπει να αρνούνται την έγκριση τύπου, την ταξινόμηση, την πώληση ή τη θέση σε κυκλοφορία των οχημάτων που δεν τηρούν τις εν λόγω οριακές τιμές εκπομπών. Για τα οχήματα μεταφοράς εμπορευμάτων (κατηγορία N1, κλάσεις II και III, και κατηγορία N2) και τα οχήματα που έχουν σχεδιαστεί για την ικανοποίηση ειδικών κοινωνικών αναγκών προβλέπεται κάθε φορά συμπληρωματική προθεσμία διάρκειας ενός έτους.

Πίνακας 3.4 Οι χώρες της Ε.Ε και η τήρηση των προβλεπόμενων ορίων εκπομπών ρύπων, ανά έτος. (11 Jun 2015 <https://www.eea.europa.eu/highlights/many-european-countries2019-air-pollutant>)

Member State	NO _x				NMVOCs				SO ₂				NH ₃			
	2010	2011	2012	2013	2010	2011	2012	2013	2010	2011	2012	2013	2010	2011	2012	2013
Austria	*	*	*	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	*	*	*	*
Belgium	*	*	*	*	*	*	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Bulgaria	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Cyprus	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Czech Republic	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Denmark	*	✓	✓	✓	*	*	*	*	✓	✓	✓	✓	*	*	*	*
Estonia	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Finland	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	*	*	*	*
France	*	*	*	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Germany	*	*	*	*	*	*	*	*	✓	✓	✓	✓	*	*	*	*
Greece	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Hungary	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ireland	*	*	*	*	*	*	*	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Italy	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Latvia	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Lithuania	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Luxembourg	*	*	*	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Malta	*	✓	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Netherlands	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	*	*	*	*
Poland	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Portugal	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Romania	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Slovakia	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Slovenia	✓	*	*	✓	✓	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Spain	*	*	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	*	*	*	*
Sweden	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
United Kingdom	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
✓	16	19	18	21	23	22	23	24	27	27	27	27	21	21	21	21
*	11	8	9	6	4	5	4	3	0	0	0	0	6	6	6	6

3.5 Τι ισχύει τώρα

Από τον Σεπτέμβριο του 2015 όλα τα νέα αυτοκίνητα που πωλούνται πρέπει να πληρούν τις προδιαγραφές ρύπων Euro 6. Ο στόχος της ΕΕ με την εφαρμογή του προτύπου Euro 6 είναι να κάνει τα αυτοκίνητα καθαρότερα. Αυτό σημαίνει χαμηλότερα επίπεδα των επιβλαβών εκπομπών των αυτοκινήτων, όπως το οξείδιο του αζώτου (NO_x), το μονοξείδιο του άνθρακα

(CO), τους υδρογονάνθρακες (THC και NMHC) και των αιωρούμενων σωματιδίων (PM). Οι αλυσιδωτές επιπτώσεις της μείωσης αυτών των ρύπων, μπορεί επίσης να σημαίνει την καλύτερη οικονομία καυσίμου και χαμηλότερες εκπομπές CO₂ για τους κινητήρες που συμμορφώνονται με το νέο πρότυπο.

Οι νέοι κανονισμοί Euro 6 φέρνουν διαφορετικά όρια ρύπων για τους κινητήρες βενζίνης και πετρελαίου. Για τα αυτοκίνητα ντίζελ, έχει μειωθεί δραματικά το επιτρεπόμενο επίπεδο των NO_x που εκπέμπονται σε ένα μέγιστο της τάξης των 80 mg / km σε σχέση με τα 180mg που απαιτούσε το πρότυπο Euro 5. Το όριο για τις εκπομπές NO_x από τα αυτοκίνητα βενζίνης παραμένει στα 60 mg / km, νούμερο ίδιο με το πρότυπο Euro 5.

Τα παλαιότερα αυτοκίνητα ντίζελ που παράγουν υψηλότερα επίπεδα των οξειδίων του αζώτου και αιωρούμενων σωματιδίων αντιμετωπίζουν τις μεγαλύτερες δυσκολίες απέναντι στο νέο πρότυπο. Κάποιοι έχουν κατηγορήσει κυβερνήσεις και marketing για την προσέλκυση των καταναλωτών σε πετρελαιοκίνητα οχήματα που ενώ έχουν χαμηλότερες εκπομπές CO₂ έχουν πολύ χειρότερες επιδόσεις στον τομέα των οξειδίων του αζώτου από έναν παρόμοιο κινητήρα βενζίνης.

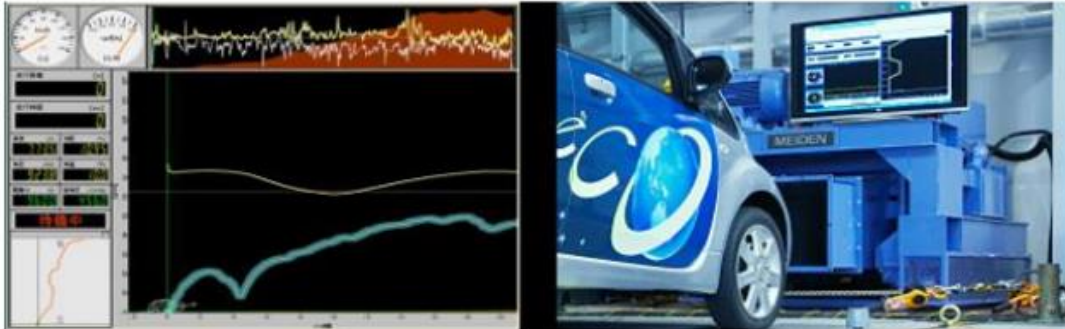
Η αλήθεια είναι ότι οι νέοι ντιζελοκινητήρες Euro 6 είναι πολύ πιο καθαροί σε σχέση με τους παλιότερους χάρη στα ειδικά φίλτρα που χρησιμοποιούνται. Η ανησυχία της αγοράς είναι ότι η σύγχυση θα μπορούσε να οδηγήσει τους αγοραστές να αποφεύγουν τα νέα Euro 6 αυτοκίνητα ντίζελ όταν είναι σχεδόν το ίδιο φιλικά προς το περιβάλλον όσο και αυτά της βενζίνης. Βέβαια ουδείς λόγος για το τι γίνεται με τα παλαιότερης τεχνολογίας ντίζελ αυτοκίνητα που εκπέμπουν μεγάλες ποσότητες οξειδίου του αζώτου αλλά έχουν χαμηλές εκπομπές CO₂.

Από τον Απρίλιο του 2017 είχε γίνει λόγος για θέσπιση νέων, ακόμη χαμηλότερων ορίων, με το Euro 7.²⁷ Ωστόσο η οδηγία δεν έχει εκδοθεί επίσημα ακόμη και έχει μείνει σε στάδιο συζητήσεων. Τον Σεπτέμβριο του 2017 όλα τα αυτοκίνητα θα ελέγχονται για την κατανάλωση καυσίμων και την εκπομπή των επιθυμητών αέριων ρύπων με το νέο κύκλο οδήγησης, WLTP (Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure). Με αυτό το νέο τρόπο μέτρησης, οι εταιρίες αφυπνίζονται για άμεση συμμόρφωση στο νομικό πλαίσιο των ορίων των εκπομπών, αφού οι μετρήσεις θα είναι ρεαλιστικές και αντιπροσωπευτικές. Αυτό συμβαίνει διότι, θα βασίζονται σε πραγματικό χρόνο και τόπο και όχι μόνο στον NEDC (Νέο Ευρωπαϊκό Κύκλο Οδήγησης), ο οποίος δίνει εικόνα κυρίως για τις μεγάλες ευρωπαϊκές πόλεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Κύκλοι οδήγησης

4.1 Γενικά

Οι κύκλοι οδήγησης είναι στην ουσία ένα διάγραμμα ταχύτητας – χρόνου. Η έννοια του κύκλου οδήγησης αναπτύχθηκε έτσι ώστε να παρέχει ένα προφίλ ταχύτητας - χρόνου το οποίο είναι αντιπροσωπευτικό της οδήγησης στο εκάστοτε περιβάλλον. Πρόκειται λοιπόν, για μια τυποποιημένη συνάρτηση μιας σειράς δεδομένων της ταχύτητας ενός οχήματος με το χρόνο, σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα. Για την έγκριση τύπου των οχημάτων σύμφωνα με τις προδιαγραφές ρύπων (EURO 1, EURO 2, EURO 3, EURO 4, EURO 5, EURO 6) διενεργούνται ειδικές δοκιμές πάνω σε κυλινδροφόρο δυναμομετρική εξέδρα πλαισίου (chassis dynamometer). Κατά τη διάρκεια αυτών των δοκιμών το αυτοκίνητο που βρίσκεται πάνω στην εξέδρα πρέπει να ακολουθήσει το προκαθορισμένο και αντιπροσωπευτικό προφίλ ταχύτητας, δηλαδή τον κύκλο οδήγησης.



Εικόνα 4.1 Το προφίλ ταχύτητας το οποίο ακολουθεί ο οδηγός μέσω του μόνιτορ.

Οι κύκλοι οδήγησης δημιουργούνται από διαφορετικές χώρες και οργανισμούς για την αξιολόγηση της απόδοσης των οχημάτων με διάφορους τρόπους, όπως για παράδειγμα της κατανάλωσης των καυσίμων και τις εκπομπές ρύπων. Είναι χαρακτηριστικό το γεγονός ότι οι αυτοκινητοβιομηχανίες προσπαθούν να βελτιστοποιήσουν την εκπομπή ρύπων των οχημάτων τους καθώς και την κατανάλωση καυσίμων, στην περιοχή στην οποία ελέγχεται η συμμόρφωσή τους με τα πρότυπα. Πολλές φορές όμως, η πραγματική ρύπανση των οχημάτων είναι μεγαλύτερη από το αναμενόμενο, υπονομεύοντας τα πρότυπα αλλά και τη δημόσια υγεία. Οι «Κύκλοι Πόλης» (transient cycles), έρχονται να καλύψουν αυτό το κενό στις διαδικασίες ελέγχου εισάγοντας νέες πιο αυστηρές διαδικασίες που προσομοιώνουν την πραγματική λειτουργία του οχήματος και συμβάλουν ουσιαστικά τόσο στην αντιμετώπιση της ρύπανσης του περιβάλλοντος όσο και στην οικονομία κατανάλωσης καυσίμων.^{28,29}

4.2 Ταξινόμηση των κύκλων οδήγησης

4.2.1 Νομοθετημένοι κύκλοι οδήγησης και μη

Οι κύκλοι οδήγησης χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες, ανάλογα με τη χρήση που προορίζονται:

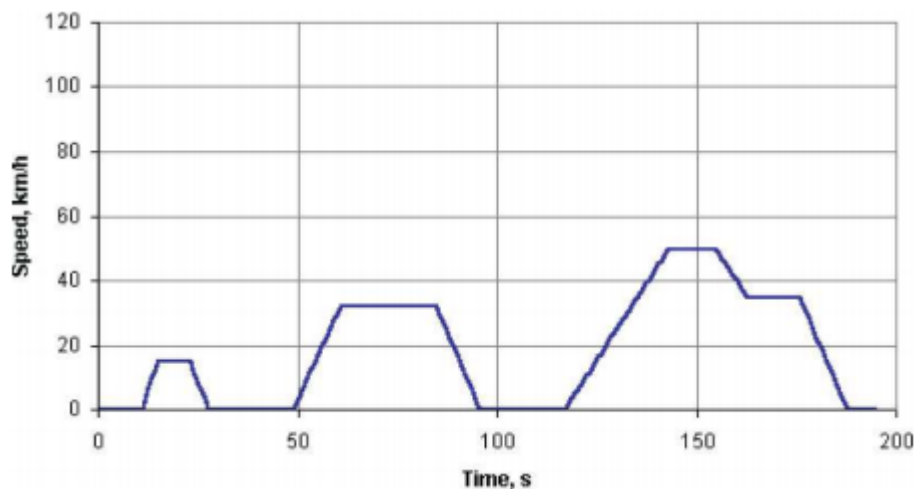
- τους νομοθετημένους που χρησιμοποιούνται από τις αρμόδιες υπηρεσίες για την επιβολή συγκεκριμένων ορίων για τις εκπομπές αυτοκινήτων, και τη νέα έκδοση του πιστοποιητικού εκπομπών του κάθε οχήματος. Τέτοιοι κύκλοι οδήγησης είναι ο FTP-75 στις Η.Π.Α, ο Νέος Ευρωπαϊκός Κύκλος Οδήγησης (NEDC) στην Ευρώπη και ο Japan 10-15 mode στην Ιαπωνία.
- τους μη νομοθετημένους, που όπως ο κύκλος οδήγησης του Χονγκ Κονγκ βρίσκουν ευρεία εφαρμογή σε έρευνες εξοικονόμησης ενέργειας και εκτίμησης της αέριας ρύπανσης.³³

4.2.2 Με βάση τον τρόπο Ανάπτυξής τους

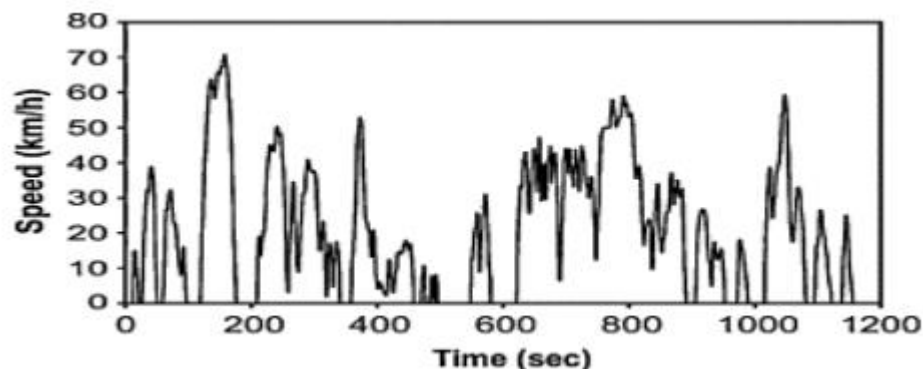
Ανάλογα με την μορφή και τον τρόπο που κατασκευάζονται, οι κύκλοι χωρίζονται σε δύο κατηγορίες.

- Οι πολυγωνικοί ή «modal», των οποίων η σύνθεση γίνεται βάσει σταθερών επιταχύνσεων, ταχυτήτων κίνησης και επιβραδύνσεων. Οι κύκλοι αυτοί χρησιμοποιούνται για την έγκριση τύπου (Legislative). Άξιοι αναφοράς είναι ο NEDC (Ευρωπαϊκός Κύκλος Οδήγησης) στην Ευρώπη, ο FTP-75, Unified LA-92 στην Αμερική και ο Japan 10-15 mode στην Ιαπωνία
- Οι «πραγματικοί» ή «Real World» (FTP-75, ADC). Οι «πραγματικοί» κύκλοι οδήγησης είναι περισσότερο δυναμικοί, αφού η σύνθεσή τους γίνεται με βάση πραγματικά

δεδομένα κυκλοφορίας που συλλέγονται. Περιγράφουν τις απότομες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις που υφίστανται στις πραγματικές συνθήκες οδήγησης. Αυτή η πιο δυναμική προσέγγιση οδηγεί συνήθως σε αυξημένη εκτίμηση κατανάλωσης και εκπομπών σε σχέση με τους πολυγωνικούς κύκλους οδήγησης. Οι κύκλοι οδήγησης αυτού του είδους αναπτύσσονται κυρίως από ιδρύματα όπως είναι το Ινστιτούτο Μεταφορών INRETS της Γαλλίας, ή πανεπιστημιακά ιδρύματα. Χρησιμοποιούνται κυρίως για ερευνητικούς σκοπούς που έχουν να κάνουν με την οικονομία σε θέματα ενεργειακών πηγών (καύσιμα) και για την εκτίμηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που οφείλεται στις μεταφορές. Επίσης, έχουν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν έως και σήμερα από ερευνητές, για το συσχετισμό των εκπομπών από τα υπό δοκιμή οχήματα, με τις φυσικοχημικές ιδιότητες των διαφόρων καυσίμων που χρησιμοποιούνται.^{30,31,32}



Διάγραμμα 4.1. <<modal>> κύκλος οδήγησης (ECE-15)



Διάγραμμα 4.2 <<real world>> κύκλος οδήγησης (Αθήνα 2002)¹⁷

4.3 Παραδείγματα Κύκλων Οδήγησης

1. Το EPA (Environmental Protection Agency), των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής ανέπτυξε 11 κύκλους οδήγησης με δεδομένα από τη Βαλτιμόρη και το Λος Άντζελες.
2. Οι Jie Lin και Debbie A. Niemeier ανέπτυξαν κύκλους οδήγησης για τρεις διαφορετικές περιοχές της βόρειας Καλιφόρνιας, χρησιμοποιώντας δεδομένα από κεντρικές αρτηρίες και τοπικούς αυτοκινητόδρομους.

3. Από δεδομένα ευρωπαϊκών πόλεων ο Andre και άλλοι από κοινού, δημιούργησαν κύκλους οδήγησης για συνθήκες εντός και εκτός πόλης στα πλαίσια ευρωπαϊκού προγράμματος με την ονομασία Artemis.^{31,32}
4. Για την πόλη του Εδιμβούργου το 2001.
5. Για την Αυστραλία, το 1978 αναπτύχθηκε ο Κύκλος Οδήγησης για το Σίδνευ, το 1982 για την πόλη της Μελβούρνη και το 1983 για το Περθ.
6. Δημιουργία κύκλων οδήγησης για μοτοσυκλέτες, κυρίως για ασιατικές πόλεις όπως η Μπανγκόκ και η Ταϊβάν.
7. Οι ερευνητές Ali Adnan, Tasnim Shireen ανέπτυξαν τον κύκλο οδήγησης για την πρώτευουσα του Μπαγκλαντές Ντάγκα.
8. Για την πόλη του Χονγκ Κονγκ από τους ερευνητές W.T.Hung και H.Y.Tong
9. Κύκλος Οδήγησης για την Αθήνα 2002 από τον Ε.Τζιράκη του ΕΜΠ.³⁵

4.3.1 Ευρώπη

Υπάρχουν πλήθος κύκλων οδήγησης τόσο για επιβατικά και ελαφρά φορτηγά όσο και για φορτηγά άνω των 3,5 τόνων και για βαρέα φορτηγά και λεωφορεία που χρησιμοποιούνται σε Ευρώπη, ΗΠΑ και Ιαπωνία. Παρακάτω παρουσιάζονται κάποια παραδείγματα όσον αφορά την Ευρώπη.

Κύκλοι ECE+EUDC

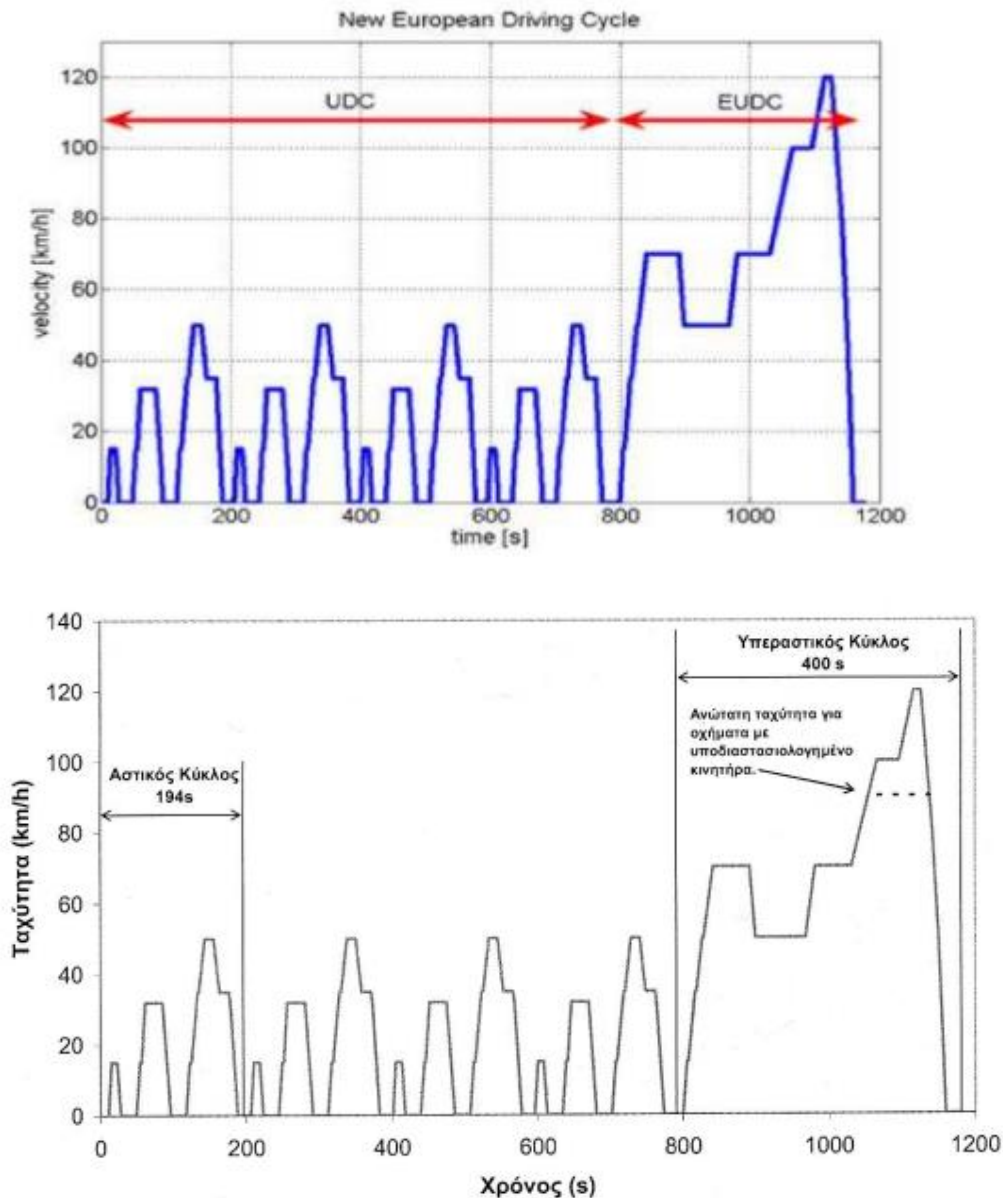
Ο κύκλος πόλης ECE+EUDC εκτελείται σε μία πέδη οχημάτων και χρησιμοποιείται για την πιστοποίηση των εκπεμπόμενων ρύπων από ελαφρά οχήματα-επιβατικά (light duty vehicles) στην Ευρώπη [Οδηγία 90/C81/01 της ΕΟΚ] .

Ο κύκλος περιλαμβάνει τέσσερα ECE τμήματα επαναλαμβανόμενα χωρίς διακοπή, που ακολουθούνται από ένα EUDC (Extra Urban Driving Cycle) τμήμα. Πριν από τη δοκιμή, το όχημα επιτρέπεται να παραμείνει για τουλάχιστον 6 ώρες σε μια θερμοκρασία δοκιμής 20-30°C. Έπειτα πραγματοποιείται η εκκίνησή του και επιτρέπεται να μείνει στο «ρελαντί» για 40 δευτερόλεπτα.

Από το έτος 2000, αυτή η περίοδος κατά την οποία το όχημα είναι στο «ρελαντί» καταργείται, δηλαδή, ο κινητήρας εκκινείται «κρύος» και η δειγματοληψία των εκπομπών αρχίζει αμέσως. Αυτή η τροποποιημένη διαδικασία ψυχρής εκκίνησης αναφέρεται επίσης ως NEDC (New European Driving Cycle). Ο Νέος Ευρωπαϊκός Κύκλος Οδήγησης (NEDC) χρησιμοποιείται για την έγκριση τύπου των επιβατικών και ελαφρών φορτηγών στις χώρες της Ευρώπης,

Οι εκπομπές λαμβάνονται κατά τη διάρκεια του κύκλου σύμφωνα με τη μέθοδο «Σταθερών Όγκων» (Constant Volume Sampling), αναλύονται, και στη συνέχεια εκφράζονται σε g/km για κάθε έναν από τους μετρούμενους ρύπους.

Ο ECE είναι ένας αστικός οδηγητικός κύκλος, επίσης γνωστός ως UDC (Urban Driving Cycle). Επινοήθηκε για να αντιπροσωπεύσει τις συνθήκες οδήγησης σε πόλεις όπως το Παρίσι και η Ρώμη. Χαρακτηρίζεται από τη χαμηλή ταχύτητα οχημάτων, το χαμηλό φορτίο του κινητήρα, και τη χαμηλή θερμοκρασία των καυσαερίων.



Διάγραμμα 4.3 Ο Νέος Ευρωπαϊκός Κύκλος Οδήγησης αποτελείται από τέσσερις επαναλήψεις, χωρίς διακοπή, του Αστικού Κύκλου Οδήγησης ECE-15 (ή UDC) και τον EUDC και αντιπροσωπεύει τις συνθήκες κίνησης σε μια τυπική ευρωπαϊκή πρωτεύουσα όπως το Παρίσι ή η Ρώμη.^{17,34,36}

Το τμήμα EUDC (Extra Urban Driving Cycle) έχει προστεθεί μετά από τον τέταρτο ECE κύκλο για να χαρακτηρίσει τον πιο “νευρικό” και με μεγάλη ταχύτητα τρόπο οδήγησης. Η μέγιστη ταχύτητα του κύκλου EUDC είναι 120 km/h. Επίσης έχει καθοριστεί ένας εναλλακτικός κύκλος EUDC για τα χαμηλής ισχύος οχήματα, με μέγιστη ταχύτητα που περιορίζεται σε 90 km/h.⁴³

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται οι τιμές κάποιων κύριων παραμέτρων, για τους κύκλους ECE, EUDC και NEDC.³⁷

Πίνακας 4.1 Χαρακτηριστικές παράμετροι για του κύκλους ECE, EUDC και NEDC. (Dieselnet, emission test cycles, European union, light duty vehicles)

Χαρακτηριστικά	Μονάδα	ECE 15	EUDC	NEDC
Απόσταση	Km	4×1,013=4,052	6.955	11007
Χρονική Διάρκεια	s	4×195=780	400	1180
Μέση Ταχύτητα	km/h	18,7 (με στάσεις)	62.6	33,6
Μέγιστη Ταχύτητα (LPV)	km/h	50	120 (90)	120

Οδηγία 90/C81/01 της ΕΟΚ.

Κύκλος οδήγησης Artemis (CADC)

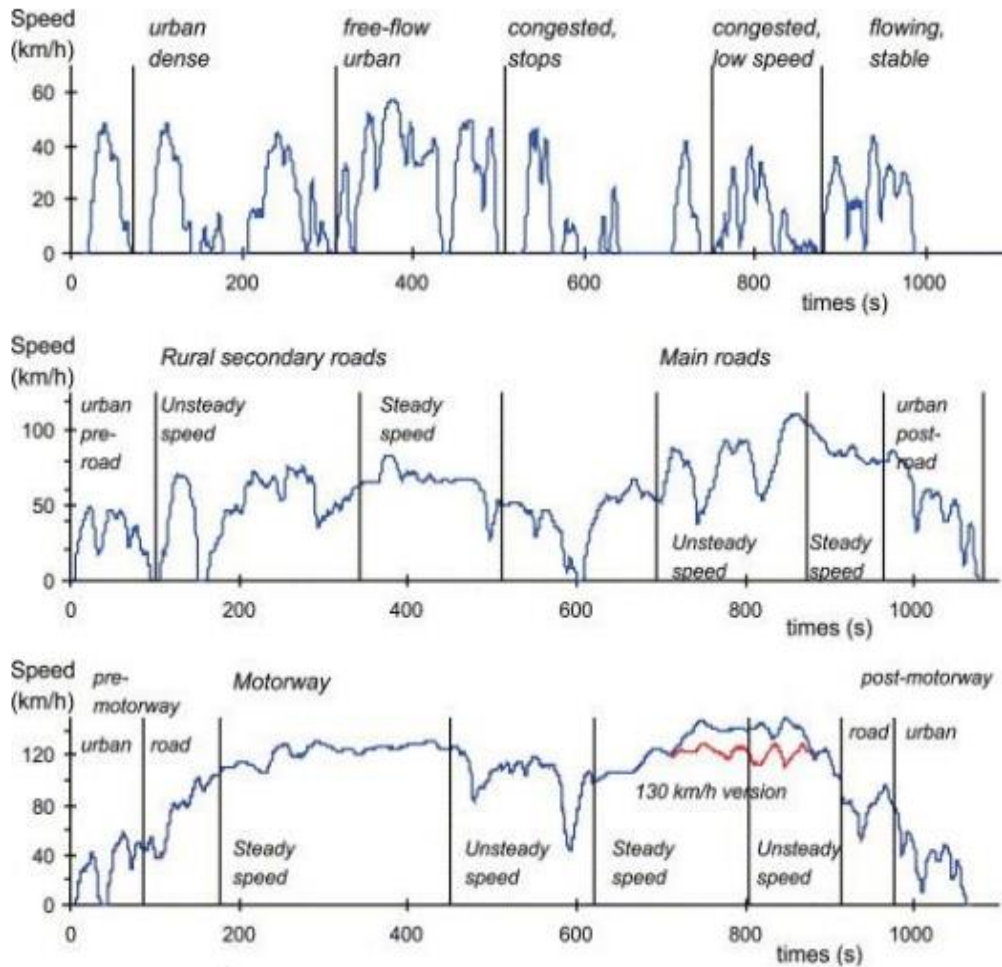
Ο Κύκλος οδήγησης Artemis βασίζεται στη στατιστική ανάλυση ενός μεγάλου όγκου δεδομένων στα Ευρωπαϊκά πρότυπα του real world. Οι κύκλοι περιλαμβάνουν τρία διαφορετικά πεδία οδήγησης. α) σε αστικό δρόμο β) σε αγροτικό δρόμο γ) σε αυτοκινητόδρομο. Το τρίτο στάδιο του αυτοκινητόδρομου χωρίζεται σε δύο επιμέρους στάδια, αυτό του αυτοκινητόδρομου με μέγιστη ταχύτητα τα 130km/h, και σε αυτόν με μέγιστη ταχύτητα τα 150km/h.

Χαρακτηριστικά του κύκλου οδήγησης Artemis παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4.2. Τα χαρακτηριστικά του κύκλου Artemis (Ιδία επεξεργασία)

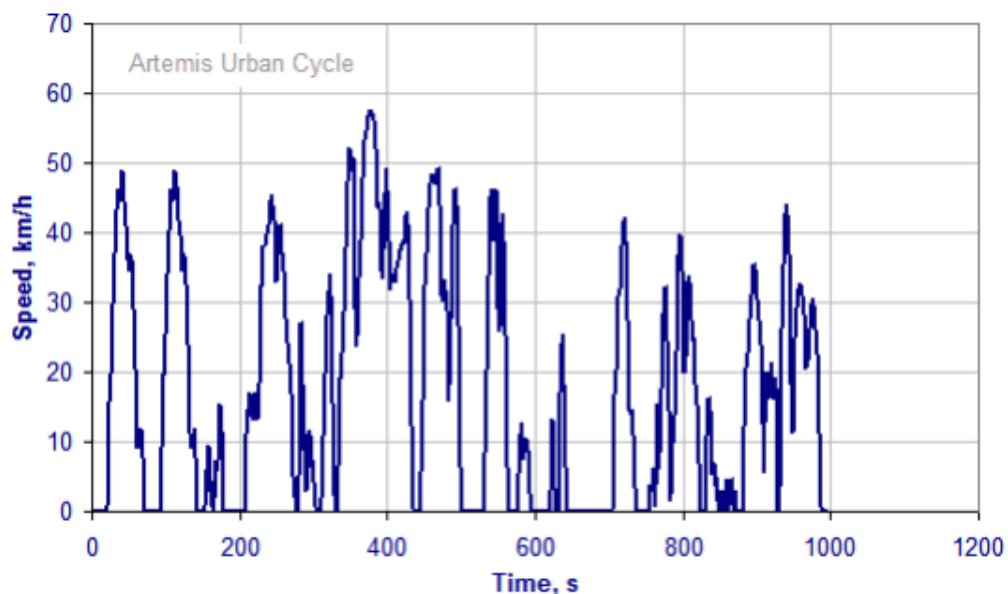
Characteristics of Artemis Driving Cycles

Characteristic	Urban	Rural Road	Motorway 130	Motorway 150
Duration, s	920	1081	1067	1067
Distance, km	4.47	17.27	28.74	29.55
Average speed, km/h	17.5	57.5	97.0	99.7
Maximum speed, km/h	58	112	132	150
Speed distribution, %				
- Idle ($S = 0$ km/h)	29	3	2	2
- Low speed ($0 < S \leq 50$)	69	31	15	15
- Medium speed ($50 < S \leq 90$)	2	59	13	13
- High speed ($S > 90$)	0	7	70	70

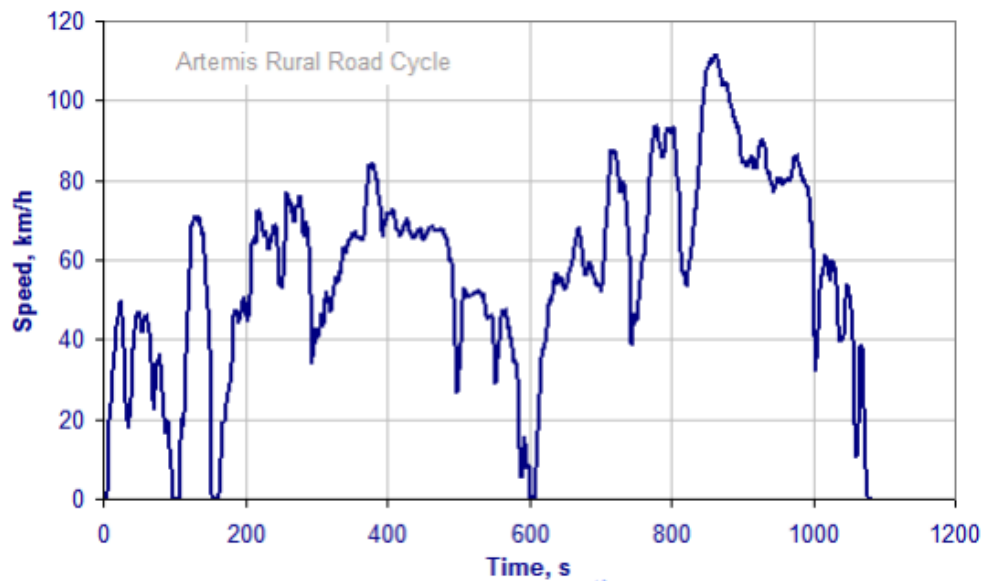


Διάγραμμα 4.4 Οι κύκλοι πόλης ARTEMIS σε αστικούς, αγροτικούς δρόμους και αυτοκινητοδρόμους και η δομή τους σε τυπικές οδηγικές συνθήκες^{30,31}

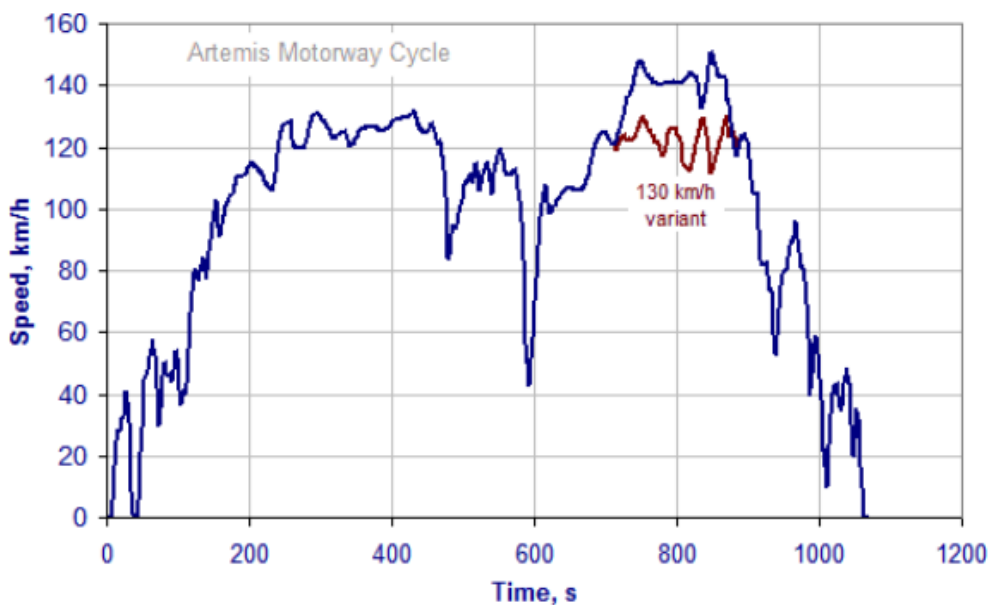
Στα παρακάτω διαγράμματα φαίνονται οι ταχύτητες των οχημάτων κατά τους κύκλους Artemis.



Διάγραμμα 4.5 “Αστικός” κύκλος πόλης Artemis (Dieselnet,European Union,Emission Test Cycles ,Common Artemis Driving Cycles (CADC),(<http://www.dieselnet.com/standards/cycles/artemis.php>)



Διάγραμμα 4.6 Ο κύκλος Artemis σε αγροτικό δρόμο (Dieselnet,European union,Emission Test Cycles ,Common Artemis Driving Cycles (CADC), <http://www.dieselnet.com/standards/cycles/artemis.php>)



Διάγραμμα 4.7 Ο κύκλος Artemis για αυτοκινητόδρομο (Dieselnet,European union,Emission Test Cycles ,Common Artemis Driving Cycles (CADC),(<http://www.dieselnet.com/standards/cycles/artemis.php>)

Αναφορά των κύκλων οδήγησης για οχήματα βαρέως τύπου

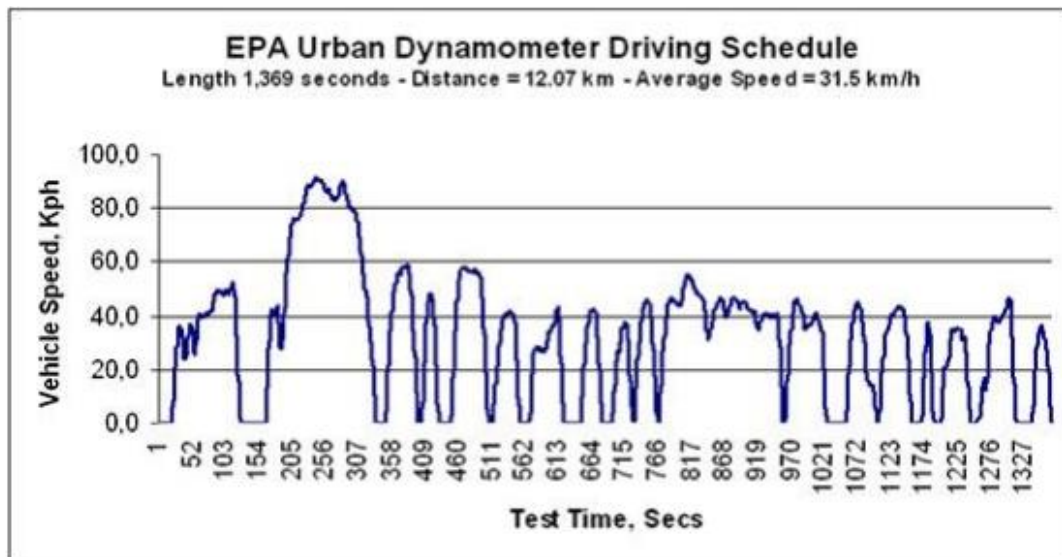
Για την κατηγορία των βαρέων οχημάτων αναφέρονται οι παρακάτω κύκλοι :

- Κύκλος ECE R49 ³⁷
- Κύκλος ESC (OICA)
- Κύκλος ELR
- ETC (European Transient Cycle)
- Κύκλος Braunschweig ³⁷

4.3.2 Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής

Κύκλος U.S FTP-7250

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



Διάγραμμα 4.8 Κύκλος U.S. FTP-72

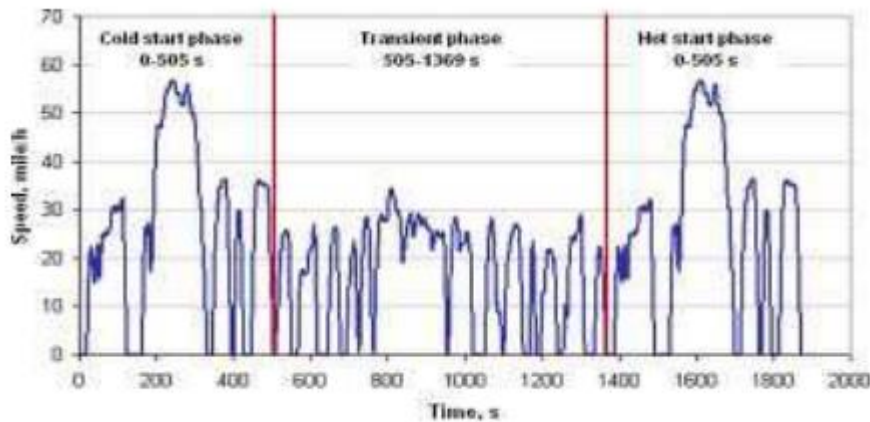
Κύκλος FTP-75

Ο κύκλος FTP-75 χρησιμοποιείται στις ΗΠΑ για την έγκριση τύπου των ελαφρών φορτηγών και επιβατικών οχημάτων. Από το 2000 τα οχήματα δοκιμάζονται σε δύο συμπληρωματικές διαδικασίες (SFTP), οι οποίες σχεδιάστηκαν να καλύπτουν τις ατέλειες του FTP-75 όσον αφορά την (1) επιθετική, υψηλών ταχυτήτων οδήγηση (US06), και (2) τη χρήση κλιματισμού (SC03).

Ο κύκλος FTP-75 προέρχεται από τον κύκλο FTP-72 προσθέτοντας μια τρίτη φάση των 505 s, ίδια με την πρώτη φάση του FTP-72 με τη διαφορά ότι η εκκίνηση είναι με ζεστό κινητήρα. Η τρίτη φάση ξεκινά αφού ο κινητήρας έχει απενεργοποιηθεί για 10 λεπτά. Επομένως, ο κύκλος FTP-75 αποτελείται από τα παρακάτω μέρη: 1. φάση κρύας εκκίνησης 2. φάση μετάβασης 3. φάση ζεστής εκκίνησης Τα χαρακτηριστικά του κύκλου έχουν ως εξής:

- Διανυθύσα απόσταση: 17,77 km

- Διάρκεια: 1874 s
- Μέση ταχύτητα: 34,1 km/h



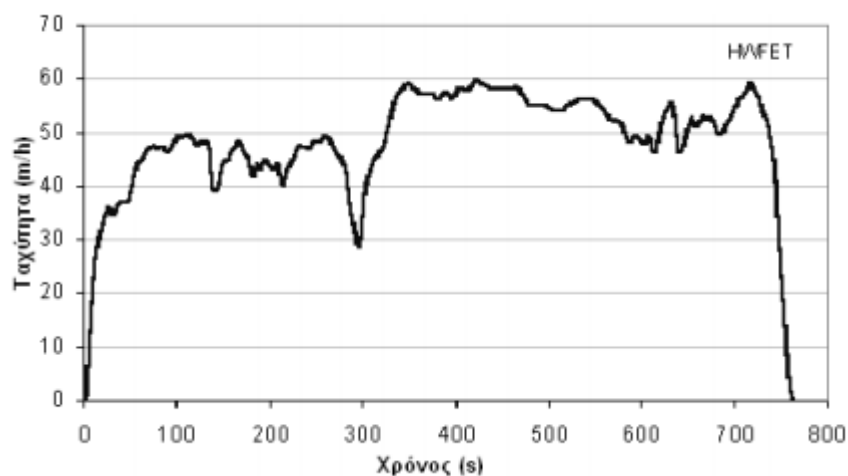
Διάγραμμα 4.9 Κύκλος FTP-75

Οι εκπομπές από κάθε φάση που συλλέγονται σε μια χωριστή τσάντα τεφλόν, αναλύεται και εκφράζεται σε g / μίλι (g / km). Οι συντελεστές στάθμισης είναι 0,43 για το κρύα φάση εκκίνησης, 1,0 για τη φάση των «σταθεροποιημένη» και 0,57 για τη καυτή φάση εκκίνησης.

Κύκλος EPA

Ο κύκλος HWFET εφαρμόζεται σε δυναμομετρική εξέδρα και εξελέχθη από το Αμερικανικό EPA για τον προσδιορισμό της οικονομίας καυσίμου στα ελαφρά οχήματα. Τα παρακάτω είναι μερικές βασικές παραμέτρους του κύκλου:

- Διάρκεια: 1877 s
- Διανυόμενη απόσταση: 11,04 μίλια (17,77 χιλιόμετρα)
- Μέση ταχύτητα: 21,2 mph (34,12 χλμ/ώρα).
- Μέγιστη ταχύτητα: 56.7 mph (91,25 χλμ/ώρα)



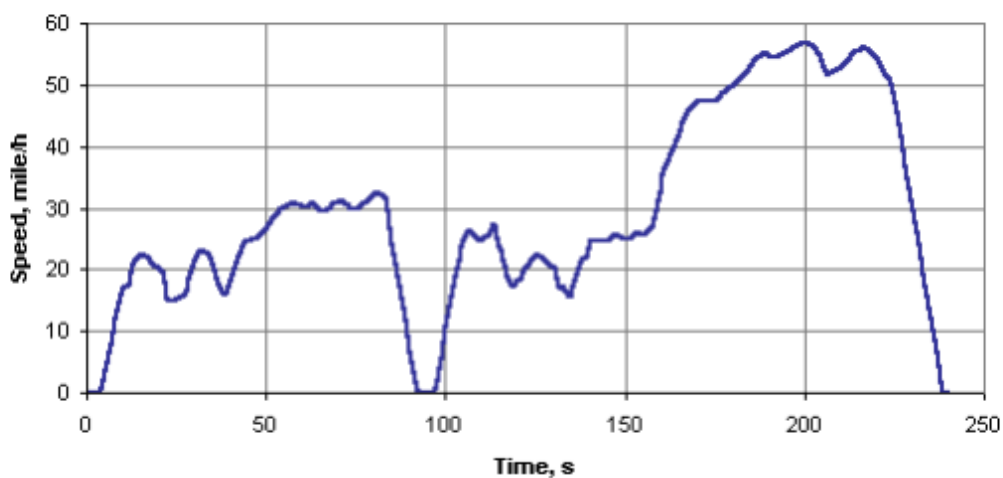
Διάγραμμα 4.10 Κύκλος EPA

Κύκλος IM240

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

Πρόκειται για ένα σύντομο τεστ τα χαρακτηριστικά του οποίου είναι τα εξής:

- διάρκεια: 240s
- διανυθείσα απόσταση: 3,1 km
- μέση ταχύτητα: 47,3 km/h
- μέγιστη ταχύτητα: 91,2 km/h



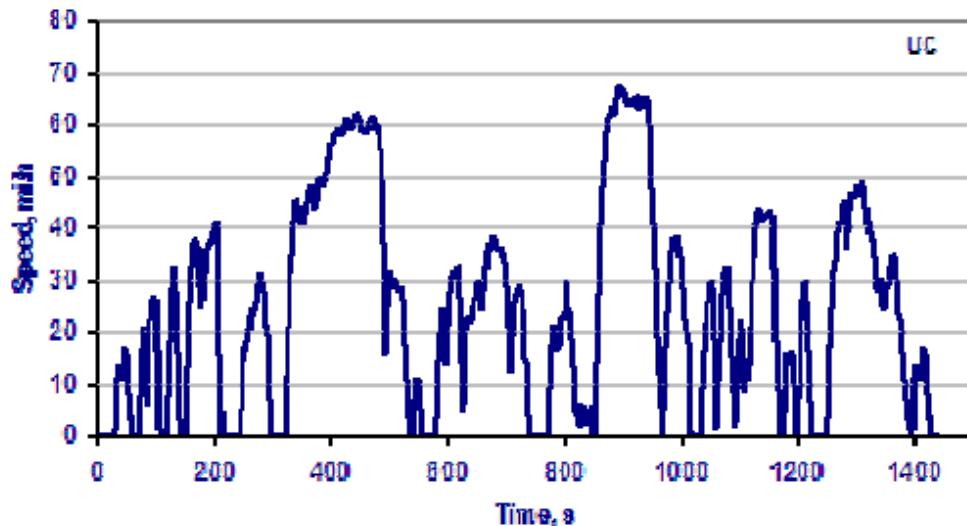
Διάγραμμα 4.11 Κύκλος οδήγησης Ελέγχου και Συντήρησης IM240.

Κύκλος LA92 ή California Unified Cycle (UC)

Ο LA92, είναι ένα πρόγραμμα δοκιμών στην εξέδρα, για τα ελαφρά επαγγελματικά οχήματα που αναπτύχθηκε από την California Air Resources Board. Η δοκιμή του αναφέρεται επίσης ως το Ενιαίο Πρόγραμμα Κύκλο Οδήγησης (UCDs). Μία από τις εφαρμογές του κύκλου UC είναι ο έλεγχος των οχημάτων που είναι εξοπλισμένα με τεχνολογίες άμεσης μείωσης του όζοντος.

Η δοκιμή UC είναι μια πιο επιθετική μορφή κύκλου οδήγησης από την ομοσπονδιακή FTP-75 έχει μεγαλύτερη ταχύτητα, μεγαλύτερη επιτάχυνση, λιγότερες στάσεις ανά μίλι, και λιγότερο χρόνο αδράνειας. Οι ακόλουθες είναι μερικές χαρακτηριστικές παράμετροι του κύκλου:

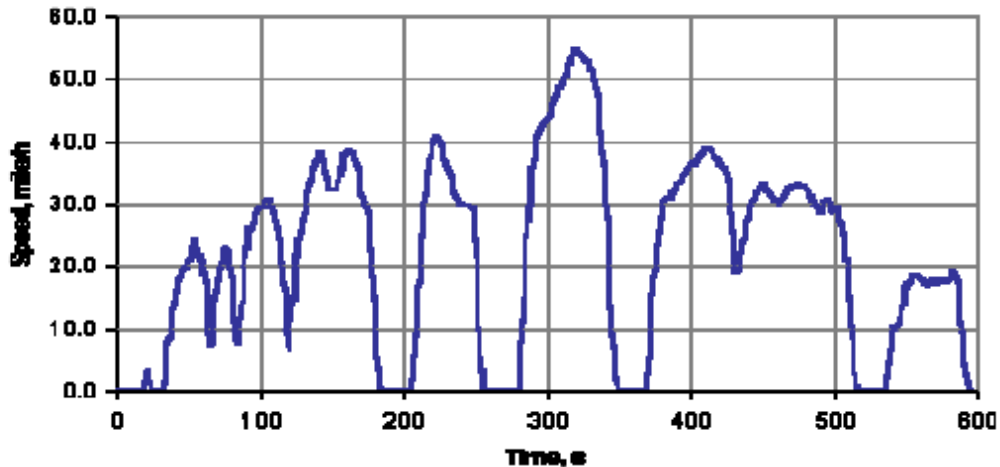
- Διάρκεια: 1435 δευτερόλεπτα
- Συνολική απόσταση: 9,8 μίλια (15,7 χλμ.)
- Μέση ταχύτητα: 24,6 mi / h (39,6 km / h)



Διάγραμμα 4.12 Κύκλος οδήγησης LA92

Κύκλος SFTP SC03

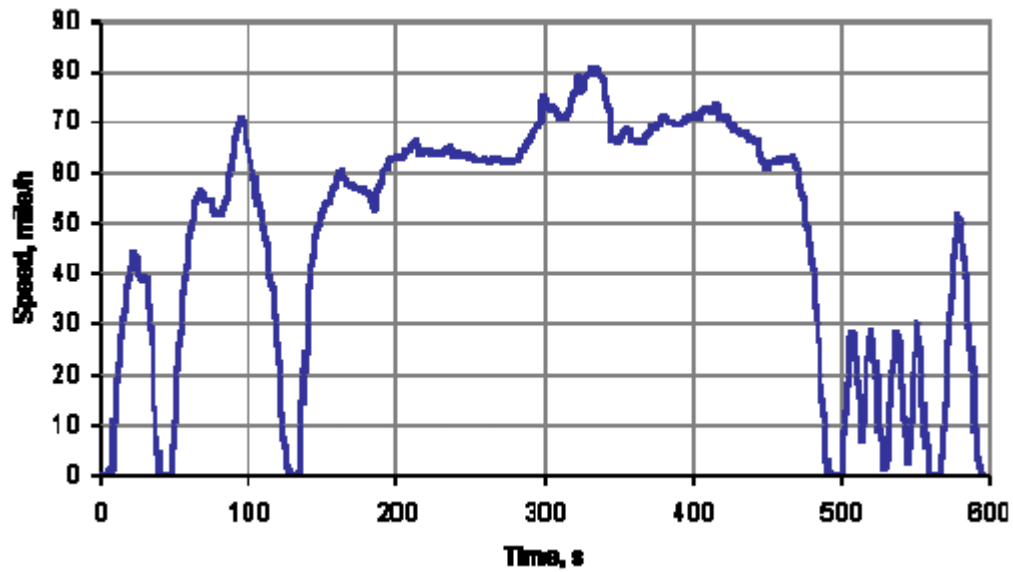
Το SC03 (Συμπληρωματική ομοσπονδιακή διαδικασία δοκιμής) (SFTP) έχει εισαχθεί για να αντιπροσωπεύει το φορτίο του κινητήρα και τις εκπομπές που συνδέονται με τη χρήση των κλιματιστικών μονάδων σε οχήματα που έχουν πιστοποιηθεί πάνω στο FTP-75 κύκλο δοκιμών. Ο κύκλος αντιπροσωπεύει 5,8 χιλιόμετρα διαδρομή με μέση ταχύτητα 34,8 km/h, μέγιστη ταχύτητα 88,2 km/h, και διάρκεια 596 δευτερολέπτων.



Διάγραμμα 4.13 Κύκλος οδήγησης SFTP SC03

Κύκλος SFTP US06

Ο US06 αναπτύχθηκε για να αντιμετωπίσει τις ελλείψεις του FTP-75 κύκλου δοκιμών όσον αφορά την εκπροσώπηση των επιθετικών ταχυτήτων και την υψηλή επιτάχυνση. Ο κύκλος αντιπροσωπεύει μια 12,8 χλμ διαδρομή με μέση ταχύτητα 77,9 km / h, μέγιστη ταχύτητα 129,2 km / h, και μία διάρκεια από 596 δευτερόλεπτα.



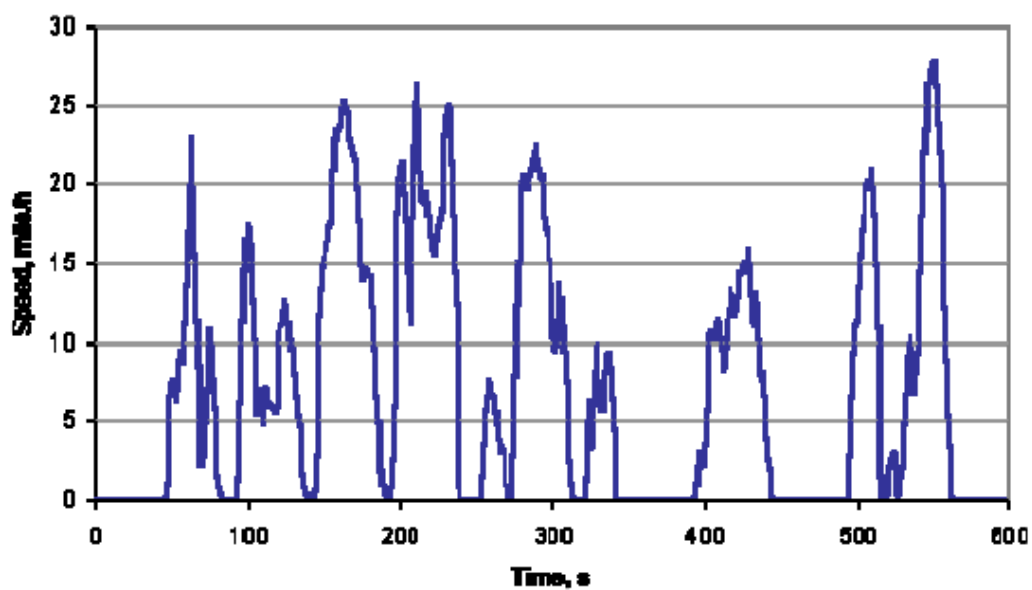
Διάγραμμα 4.14 Κύκλος οδήγησης SFTP USO6

Κύκλος EPA NYCC

Η EPA NYCC έχει αναπτυχθεί για τον έλεγχο των ελαφρών επαγγελματικών οχημάτων στην δυναμομετρική εξέδρα. Η δοκιμή προσομοιώνει χαμηλή ταχύτητα οδήγηση στην πόλη με συχνές στάσεις.

Βασικές παράμετροι του κύκλου:

- Διάρκεια: 598 δευτερόλεπτα
- Απόσταση: 1,18 μίλι = 1,89 χιλιόμετρα χιλιομέτρων
- Μέση ταχύτητα: 7,1 mi / h = 11,4 χλμ/ώρα
- Μέγιστη ταχύτητα: 27,7 mi / h = 44,6 χλμ/ώρα



Διάγραμμα 4.15 Κύκλος οδήγησης EPA NYCC

Αναφορά των κύκλων οδήγησης για οχήματα βαρέως τύπου

Για την κατηγορία των βαρέων οχημάτων αναφέρονται οι παρακάτω κύκλοι :

- κύκλος FTP (Federal Test Procedure) ⁴⁰
- Chicago Transit Authority (CTA)
- Ο κύκλος HD-UDDS Cycle
- Ο κύκλος CBD Driving Cycle ⁴¹65
- City Suburban Heavy Vehicle Cycle
- Ο New York Composite Cycle
- NY Bus Driving Cycle
- Ο Manhattan Driving Cycle

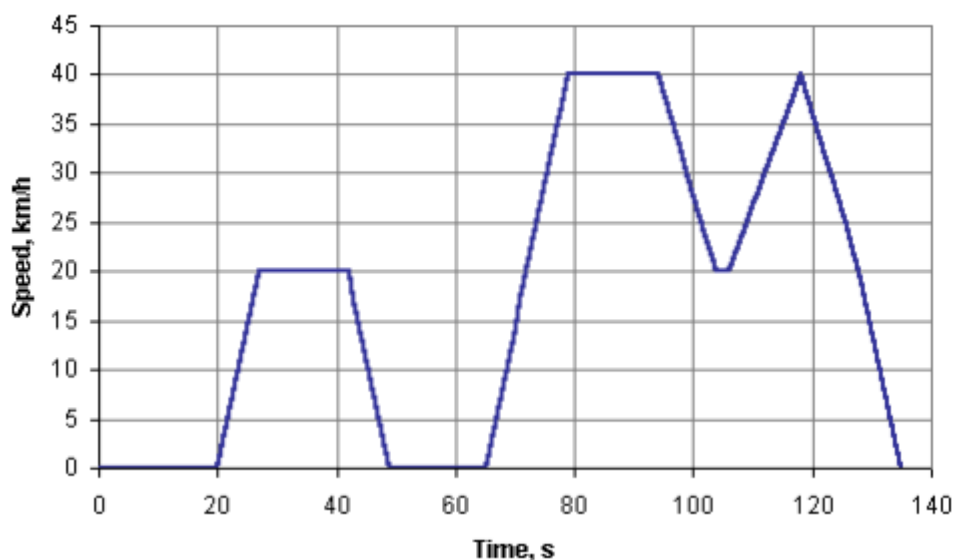
4.3.3 Ιαπωνία

Κύκλος Οδήγησης 10-mode

Ο κύκλος οδήγησης 10-mode χρησιμοποιείται στην Ιαπωνία πριν τον 10-15mode, για την έγκριση τύπου των επιβατικών και ελαφρών φορτηγών.

Αντιπροσωπεύει αστικές συνθήκες οδήγησης (κάτι αντίστοιχο με τον ECE-15) μόνο που οι εκπομπές μετρούνται για πέντε επαναλήψεις του ίδιου τμήματος το οποίο έχει τα εξής χαρακτηριστικά.

- απόσταση: 0,664 km
- μέση ταχύτητα: 17,7 km/h
- διάρκεια: 135 sec
- μέγιστη ταχύτητα: 40 km/h

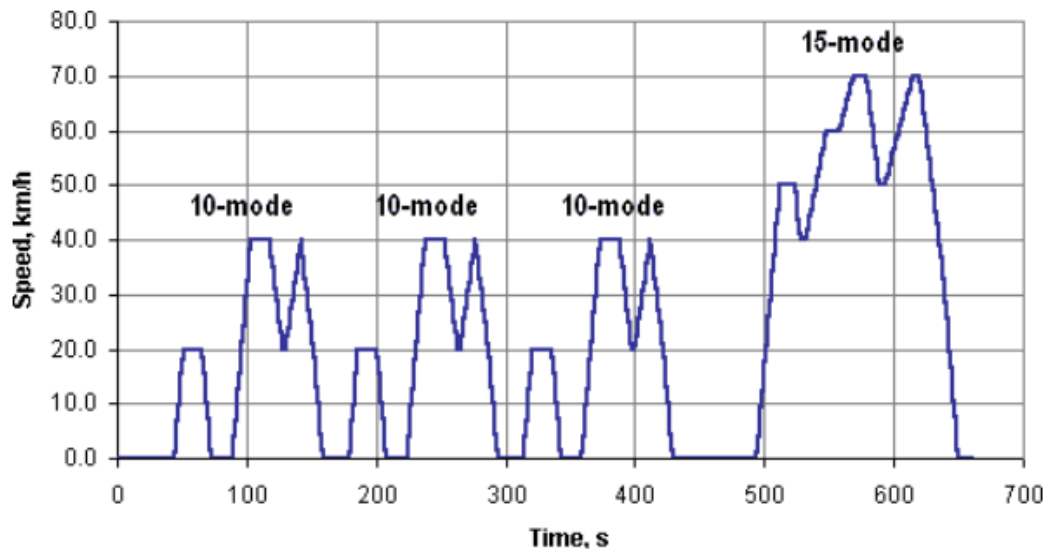


Διάγραμμα 4.16 Ο κύκλος 10 Mode Cycle

Κύκλος οδήγησης 10-15 mode ⁴⁰

Ο συγκεκριμένος κύκλος οδήγησης χρησιμοποιείται στην Ιαπωνία για την έγκριση τύπου όσον αφορά τις εκπομπές ρύπων και την κατανάλωση, σε επιβατικά και ελαφρά φορτηγά.

Προέρχεται από τον 10-mode με την προσθήκη ενός τμήματος 15-mode με μέγιστη ταχύτητα τα 70km/h.



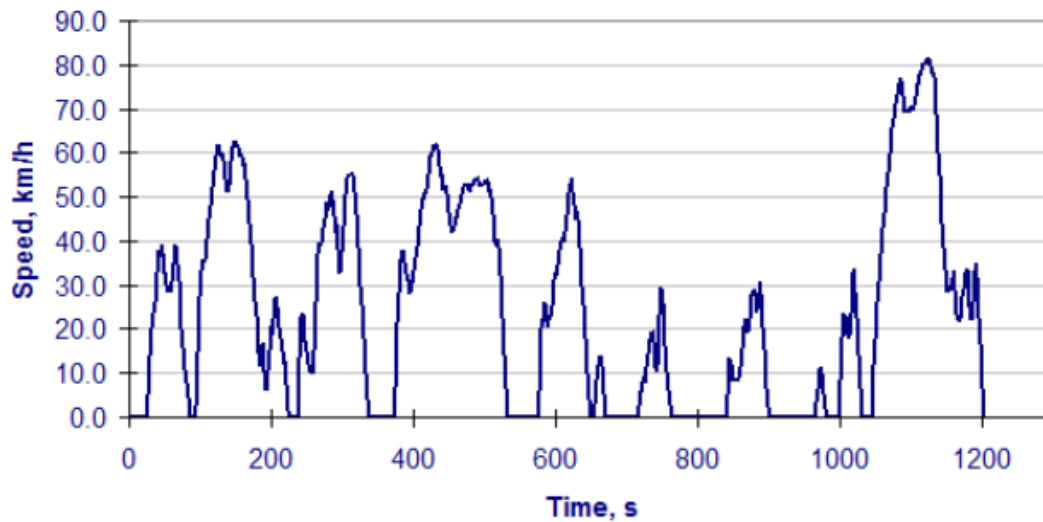
Διάγραμμα 4.17 Ο κύκλος 10 -15 Mode Cycle

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

- απόσταση του κύκλου 4,16km
- μέση ταχύτητα 22,7 km/h
- διάρκεια 660s

Ο κύκλος JC 08

Πρόκειται για ένα νέο αστικό κύκλο οδήγησης για τις μετρήσεις εκπομπής ρύπων και οικονομίας καυσίμων των επιβατικών και ελαφρών φορτηγών.



Διάγραμμα 4.18 Ο κύκλος JC 08 test Cycle

Τα χαρακτηριστικά του κύκλου JC08 είναι:

- διάρκεια: 1204s
- Συνολική απόσταση: 8,171 km
- Μέση ταχύτητα: 24,4 km/h
- Μέγιστη ταχύτητα: 81,6 km/h
- Λόγος φορτίου: 29,7%

Αναφορά των κύκλων οδήγησης για οχήματα βαρέως τύπου

Για την κατηγορία των βαρέων οχημάτων αναφέρονται οι παρακάτω κύκλοι :

- Ο κύκλος 6-mode
- Ο κύκλος 13-mode
- Ο κύκλος JE05

4.4 Παγκόσμια εναρμονισμένοι κύκλοι οδήγησης WLTP

4.4.1 Γενικά

Η ανάγκη για πραγματική απεικόνιση των συνθηκών οδήγησης, άρα και την ακριβή εκτίμηση κατανάλωσης καυσίμων και εκπομπής ρύπων, έχει προβληματίσει τους ερευνητές, τις αυτοκινητοβιομηχανίες και τους διάφορους οργανισμούς. Γι' αυτό το λόγο, αποφασίστηκε να δημιουργηθεί ένας κύκλος οδήγησης που θα είναι παγκόσμια εναρμονισμένος και θα οδηγεί σε πιο ρεαλιστικές τιμές και αποτελέσματα, από τον τυποποιημένο NEDC. Ο νέος κύκλος ονομάζεται Worldwide Harmonized Light Vehicle Test Procedure (WLTP) και θα είναι νομικά υποχρεωτικός για όλους τους κατασκευαστές αυτοκινήτων από το φθινόπωρο του

2017. Συγκεκριμένα από το Σεπτέμβριο του 2018 θα πρέπει όλα τα εγγεγραμμένα ελαφρά οχήματα (επιβατικά αυτοκίνητα και ελαφρά επαγγελματικά φορτηγά) που κυκλοφορούν να συμμορφώνονται στα εκάστοτε όρια ρύπων, βάση του WLTP.⁴²

Ο WLTP αναπτύσσεται από εμπειρογνώμονες ειδικούς της Ευρωπαϊκής Ένωσης, της Ιαπωνίας, και της Ινδίας με τις κατευθυντήριες γραμμές της UNECE (Παγκόσμιο Φόρουμ για την εναρμόνιση των κανονισμών οχημάτων) και τελικό σκοπό να αντικαταστήσει εξ ολοκλήρου τον NEDC. Αξίζει να αναφέρουμε ότι χρησιμοποιούνται στοιχεία και από τις Ευρωπαϊκές βάσεις δεδομένων. Ο κύκλος οδήγησης του WLTP (Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure) καλύπτει βασικά σημεία του NEDC (New European Driving Cycle). Η NECD είναι η τρέχουσα μέθοδος μέτρησης που προβλέπεται από τους κανονισμούς (ΕΚ) αριθ 715/2007 και 692/2008, και εξακολουθεί να είναι νομικά υποχρεωτική η δημοσίευση κατανάλωσης καυσίμων καθώς και οι τιμές των εκπομπών ρύπων αντίστοιχα. Ειδικότερα, το νέο προφίλ του κύκλου οδήγησης αντιστοιχεί περισσότερο στην καθημερινή λειτουργία, αφού προσομοιάζει καλύτερα τις ρεαλιστικές συνθήκες οδήγησης της σημερινής εποχής. Έτσι, γίνεται ευκολότερος ο υπολογισμός της καθημερινής κατανάλωσης καυσίμων. Το πρώτο αυτοκίνητο που μετρήθηκε από την εταιρεία Opel είναι το Astra, ενώ στα σχέδιά τους είναι να ακολουθήσουν με τη σειρά όλα τα μοντέλα τους μέσα στο 2017.⁴³

Διαδικασία δοκιμής

Η διαδικασία δοκιμής παρέχει μια αυστηρή καθοδήγηση σχετικά με τους όρους της εξέδρας δοκιμών και το φορτίο δρόμου (αντίσταση κίνησης), αλλαγή ταχυτήτων, το συνολικό βάρος του αυτοκινήτου (συμπεριλαμβανομένου του προαιρετικού εξοπλισμού, το φορτίο και επιβάτες), την ποιότητα των καυσίμων, θερμοκρασία περιβάλλοντος, και την επιλογή των ελαστικών και την πίεση.

Το test δοκιμών χωρίζεται σε 3 διαφορετικούς κύκλους (WLTC) οι οποίοι εφαρμόζονται, ανάλογα με την κατηγορία του οχήματος. Αυτή καθορίζεται από τον λόγο ισχύος-βάρους PMR (power to mass ratio), σε W / kg (ονομαστική ισχύς του κινητήρα / απόβαρο):

Κατηγορία 3	PMR ≥ 34 (υψηλής ισχύος)
Κατηγορία 2	22 < PMR < 34 (μέσης ισχύος)
Κατηγορία 1	PMR ≤ 22 (χαμηλής ισχύος)

Σε κάθε κατηγορία, έχουν γίνει αρκετές δοκιμές οδήγησης οι οποίες έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να προσομοιάζουν την πραγματική λειτουργία του οχήματος σε συνθήκες κίνησης σε δρόμους αστικούς, υπεραστικούς και αυτοκινητόδρομους. Η διάρκεια κάθε τμήματος καθορίζεται μεταξύ των κατηγοριών, ωστόσο οι καμπύλες επιτάχυνσης και της ταχύτητας διαμορφώνονται διαφορετικά. Η αλληλουχία των δοκιμών περιορίζεται περαιτέρω από τη μέγιστη ταχύτητα του οχήματος V_{max} .^{44,45}

Κατανομές που χρησιμοποιούνται για την εκπόνηση κύκλων WLTC

- Σταθερής Ταχύτητας (cruise speed distribution)
- Ταχύτητας Επιτάχυνσης (speed acceleration distribution)
- Μέσης Ταχύτητας (average speed distribution)

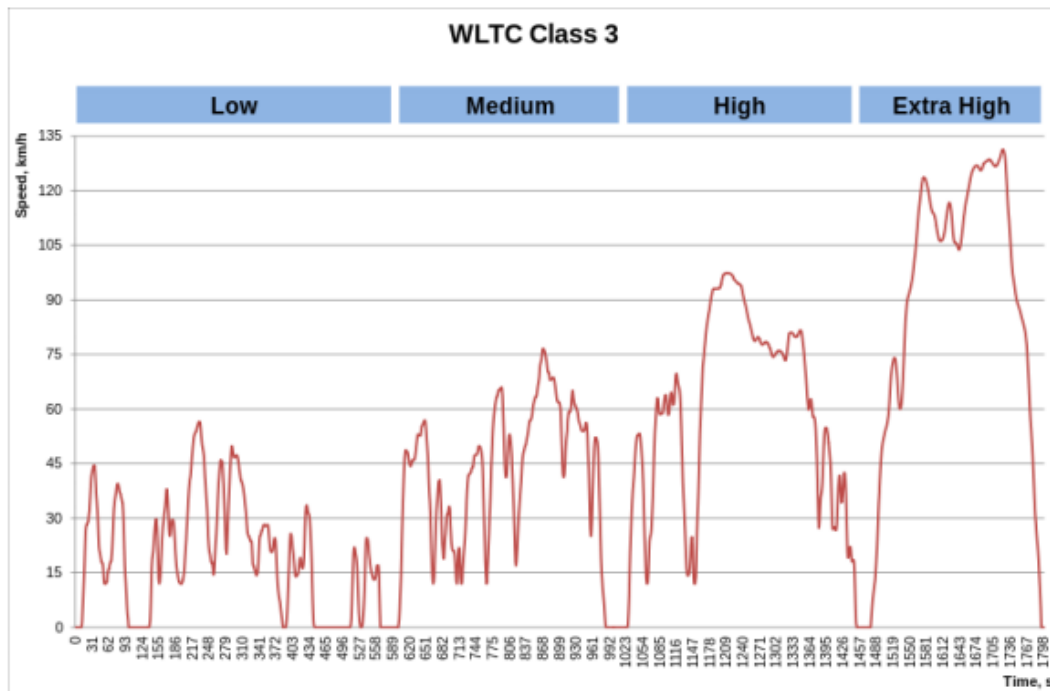
- Μέγιστης Ταχύτητας (maximum speed distribution)
- Διάρκειας (duration distribution)
- Αποστάσεις (length distribution)
- Στάσης (Idling duration distribution)

Παράμετροι που χρησιμοποιούνται για επεξεργασία και εκπόνηση των κύκλων WLTC

- Μέση Ταχύτητα (km/h)
- Μέγιστη Ταχύτητα (km/h)
- Μέγιστη Επιτάχυνση (km/h/s ή m/s²)
- Μεγίστη Επιβράδυνση (km/h/s ή m/s²)
- Σχετική Θετική Επιτάχυνση (m/s²)
- Μέσος Μικρός Χρόνος Ταξιδιού (s)
- Μέσος Χρόνος Στάσης (s)
- Αριθμός Στάσεων ανά Χιλιόμετρο (#/km)
- Αριθμός Στάσεων ανά Δευτερόλεπτο (#/s)
- Χρόνος Επιτάχυνσης (%)
- Χρόνος Επιβράδυνσης (%)
- Χρόνος Σταθερής Ταχύτητας (%)
- Χρόνος Στάσης (%)

4.4.2 WLTC κύκλοι οδήγησης

Κατηγορία 3



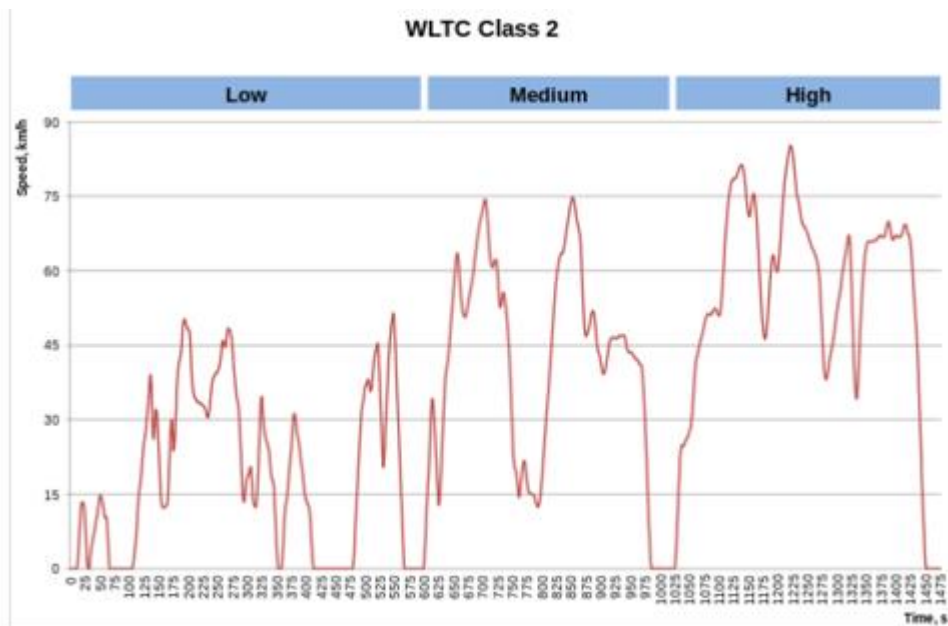
Διάγραμμα 4.19 Ο κύκλος πόλης WLTC κατηγορία 3 (UNECE Transport Division/World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations (UN/ECE/WP29)

Ο κύκλος οδήγησης WLTC για την κατηγορία 3, αποτελείται από τέσσερις ζώνες ταχυτήτων : μια χαμηλή (suburban driving) , μια αντιπροσωπευτική μέση (urban driving) , υψηλή (extra-urban driving) , και μια επιπλέον υψηλής ταχύτητας (highway zone). Αν $V_{max} < 135 \text{ km/h}$, το τμήμα επιπλέον υψηλής ταχύτητας (highway zone) αντικαθίσταται με το τμήμα χαμηλής ταχύτητας.

Πίνακας 4.3 Κύρια χαρακτηριστικά – παράμετροι του WLTC στην κατηγορία 3

<i>Κύκλος οδήγησης WLTC κατηγορία 3</i>					
	ΧΑΜΗΛΗ	ΜΕΣΑΙΑ	ΥΨΗΛΗ	ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΥΨΗΛΗ	ΣΥΝΟΛΟ
Διάρκεια, s	589	433	455	323	1800
Διάρκεια στάσης, s	156	48	31	7	242
Απόσταση, m	3095	4756	7158	8254	23262
% στάσης	26.5%	11.1%	6.8%	2.2%	13.4%
Μέγιστη ταχύτητα, km/h	56.5	76.6	97.4	131.3	
Μέση ταχύτητα στάσεις, km/h	25.7	44.5	60.8	94.0	53.8
Μέση ταχύτητα με στάσεις, km/h	18.9	39.5	56.6	92.0	46.5
Ελάχιστη επιτάχυνση, m/s^2	-1.5	-1.5	-1.5	-1.2	
Μεγίστη επιτάχυνση, m/s^2	1.5	1.6	1.6	1.0	

Κατηγορία2



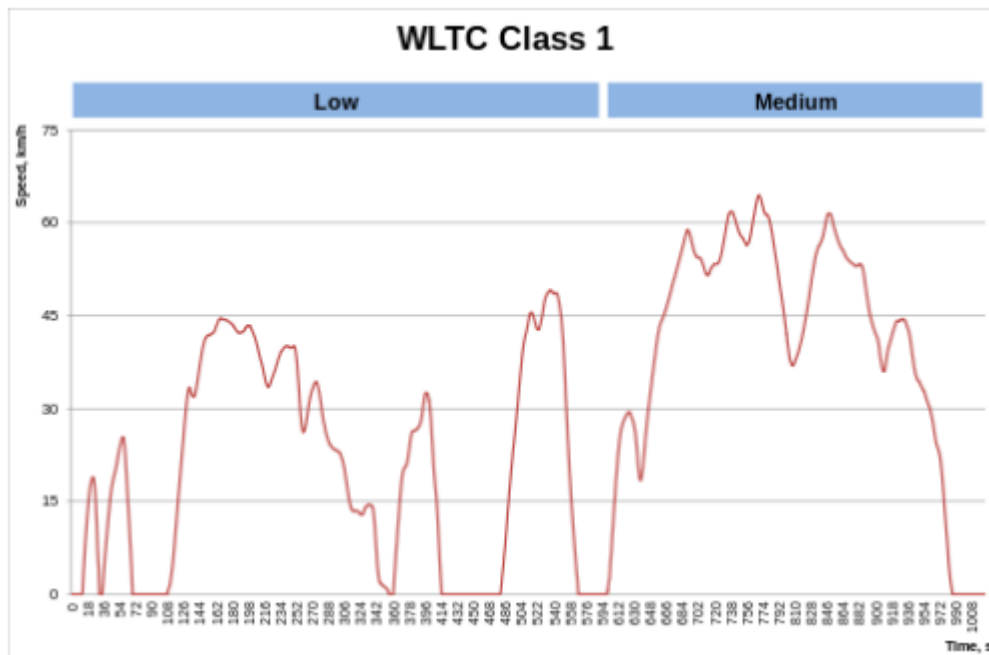
Διάγραμμα 4.20 Ο κύκλος πόλης WLTC κατηγορία 2 (UNECE Transport Division/World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations (UN/ECE/WP29)

Ο κύκλος οδήγησης για τη κατηγορία 2 αποτελείται από τρία μέρη : χαμηλής, μέσης και σχετικά υψηλής ταχύτητας. Αναφέρεται κυρίως σε οχήματα από την Ινδία ,την Ευρώπη και την Ιαπωνία, χαμηλής ισχύος. Αν η $V_{max} < 90 \text{ km/h}$, τότε το τμήμα της υψηλής ταχύτητας αντικαθίσταται με το τμήμα της χαμηλής ταχύτητας .

Πίνακας 4.4 Κύρια χαρακτηριστικά – παράμετροι του WLTC στη κατηγορία 2

Κύκλος οδήγησης WLTC κατηγορία 2				
	ΧΑΜΗΛΗ	ΜΕΣΑΙΑ	ΥΨΗΛΗ	ΣΥΝΟΛΟ
Διάρκεια, s	589	433	455	1477
Διάρκεια στάσης, s	155	48	30	233
Απόσταση, m	3132	4712	6820	14664
% στάσης	26.3%	11.1%	6.6%	15.8%
Μέγιστη ταχύτητα, km/h	51.4	74.7	85.2	
Μέση ταχύτητα στάσεις, km/h	26.0	44.1	57.8	42.4
Μέση ταχύτητα με .στάσεις, km/h	19.1	39.2	54.0	35.7
Ελάχιστη επιτάχυνση, m/s^2	-1.1	-1.0	-1.1	
Μεγίστη επιτάχυνση, m/s^2	0.9	1.0	0.8	

Κατηγορία1



Διάγραμμα 4.21. Ο κύκλος πόλης WLTC κατηγορία 1 (UNECE Transport Division/World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations (UN/ECE/WP29).

Ο κύκλος δοκιμών για τη κατηγορία 1 έχει τμήματα με χαμηλές και μεσαίες ταχύτητες, η αλληλουχία εκτελείται σε μια σειρά Low-Medium-Low. Είναι αντιπροσωπευτικός για οχήματα χαμηλής ισχύος που μπορούν να βρεθούν στην Ινδία. Αν η $V_{max} < 70 \text{ km/h}$, το τμήμα της μεσαίας ταχύτητας αντικαθίσταται με το τμήμα της χαμηλής ταχύτητας.

Πίνακας 4.5 Κύρια χαρακτηριστικά – παράμετροι του WLTC στη Κατηγορία 1

Κύκλος οδήγησης WLTC κατηγορία 1			
	ΧΑΜΗΛΗ	ΜΕΣΑΙΑ	ΣΥΝΟΛΟ
Διάρκεια, s	589	433	1022
Διάρκεια στάσης, s	155	48	203
Απόσταση, m	3324	4767	8091
% στάσης	26.3%	11.1%	19.9%
Μέγιστη ταχύτητα, km/h	49.1	64.4	
Μέση ταχύτητα στάσεις, km/h	27.6	44.6	35.6
Μέση ταχύτητα με .στάσεις, km/h	20.3	39.6	28.5
Ελάχιστη επιτάχυνση, m/s^2	-1.0	-0.6	
Μεγίστη επιτάχυνση, m/s^2	0.8	0.6	

4.4.3 Πόσο αντιπροσωπευτικές είναι οι τυποποιημένες μετρήσεις σε σχέση με την πραγματική οδήγηση - Σύγκριση NEDC / WLTP

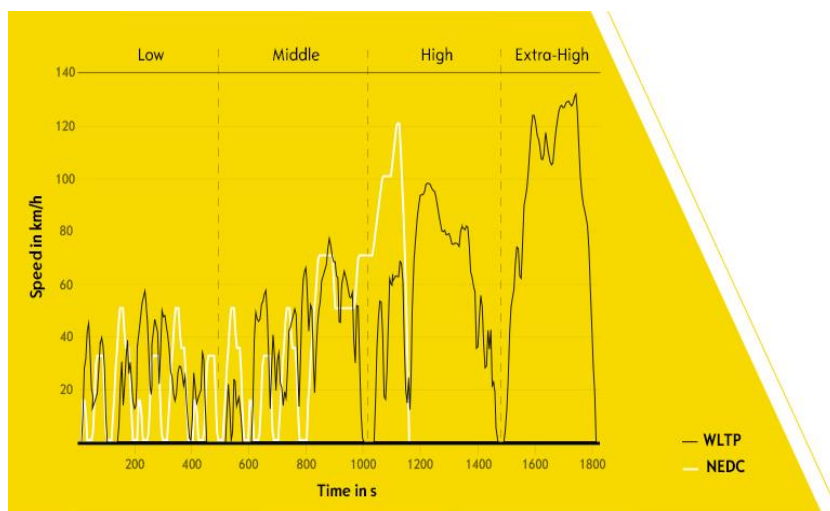
Όπως ειπώθηκε και στην αρχή, τις περισσότερες φορές οι τυποποιημένες τιμές κατανάλωσης έχουν απόκλιση με την πραγματικότητα. Πρέπει ωστόσο να παραδεχτούμε πως, εξαιτίας της ανάγκης για τη διατήρηση της αυστηρής σύγκρισης των αποτελεσμάτων

αυτών των τυποποιημένων μετρήσεων, δεν είναι δυνατό να αντιπροσωπεύουν πλήρως τις πραγματικές συνθήκες οδήγησης.

Πρώτον, είναι αρκετά δύσκολο και χρονοβόρο να ελέγχεται κάθε ένα καινούργιο αυτοκίνητο. Έτσι, μόνον ένα αυτοκίνητο παραγωγής ελέγχεται σαν αντιπροσωπευτικό δείγμα του μοντέλου και μπορεί συνεπώς να παράγει ένα καλύτερο ή ένα χειρότερο αποτέλεσμα από ένα άλλο παρόμοιο αυτοκίνητο.

Δεύτερον, υπάρχουν άπειρες παραμέτρους που πρέπει να ληφθούν υπόψιν σε κάθε ξεχωριστή περίπτωση. Κάποιες από αυτές τις παραμέτρους είναι ο τρόπος- στυλ οδήγησης, οι δρόμοι, το αυτοκίνητο και οι καιρικές συνθήκες, παράγοντες που επηρεάζουν τα αποτελέσματα με διαφορετικό τρόπο κάθε φορά.

Για τους παραπάνω λόγους, η πραγματική κατανάλωση καυσίμου συνήθως διαφέρει από αυτήν των αποτελεσμάτων των επίσημων ελέγχων. Με άλλα λόγια, οι τυποποιημένες μετρήσεις που ανακοινώνονται από τους κατασκευαστές, ουσιαστικά αποτελούν μια έγκυρη πληροφόρηση για την σύγκριση της κατανάλωσης καυσίμου μεταξύ διαφορετικών μοντέλων και όχι μια απόλυτη ένδειξη της κατανάλωσης του ίδιου του αυτοκινήτου, αφού αυτή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως το στυλ και οι συνθήκες οδήγησης. Οι μετρήσεις διενεργούνται είτε από ανεξάρτητους οργανισμούς, είτε από τους ίδιους τους κατασκευαστές, στις δικές τους εγκαταστάσεις, κατόπιν πιστοποίησης.



Διάγραμμα 4.22 Διαφορές τυποποιημένου κύκλου NEDC και ρεαλιστικού WLTP (<http://www.opel.gr/tools/wltp-drivingcycle-fuelconsumption.html>)

Ο κύκλος οδήγησης NEDC είναι νομικά δεσμευτικός για όλα τα οχήματα από το 1992. Βασίζεται σε ένα κάπως θεωρητικό προφίλ οδήγησης και αποτελείται από δύο μέρη: στα πρώτα 13 λεπτά, προσομοιώνει την οδήγηση στην κυκλοφορία της πόλης, με συχνές στάσεις. Το δεύτερο τμήμα αντιστοιχεί σε μια διαδρομή εκτός πόλης, με μέγιστη ταχύτητα 120 χλμ./ώρα.

Όσον αφορά τον WLTP, παρόλο που είναι πιο ρεαλιστικός και ακριβής, δεν είναι δυνατόν να καλύπτει όλες τις παραμέτρους παγκοσμίως και σίγουρα ούτε το κάθε ένα στυλ οδήγησης. Επομένως, θα υπάρχουν και πάλι διαφορές ανάμεσα στις εργαστηριακές μετρήσεις - lab conditions και στις μετρήσεις που θα γίνονται κάτω από πραγματικές συνθήκες- real world, αφού η συμπεριφορά του κάθε οδηγού, οι καιρικές συνθήκες και η κίνηση θα συνεχίσουν να διαφέρουν από τόπο σε τόπο και από χρόνο σε χρόνο.

Πίνακας 4.6 Σύγκριση WLTP με NEDC (<http://www.opel.gr/>)

	WLTP	NEDC
Start temperature	14 °C	20 °C - 30 °C
Cycle time	30 min	20 min
Stationary time proportion	13%	25%
Cycle length	ca. 23 km	ca. 11 km
Speed	Average: 46,6 km/h – Maximum: 131 km/h	Average: 34 km/h – Maximum: 121 km/h
Drive power	Average: 7 kW – Maximum: 47 kW	Average: 4 kW – Maximum: 34 kW
Influence of optional equipment and air-conditioning (AC)	Optional equipment is taken into account for weight, aerodynamics and VES (Vehicle Electronics Systems) requirements (no-load current). No AC.	Not considered at present

Από τη θέσπιση του NEDC το 1992, τα αυτοκίνητα και το στυλ οδήγησης των ανθρώπων έχουν αλλάξει σημαντικά. Οι παράμετροι της δοκιμής κατά WLTP έχουν οριστεί εκ νέου, ώστε να αντιστοιχούν περισσότερο σε πραγματικές συνθήκες. Πλέον περιλαμβάνουν:

- Μεγαλύτερους χρόνους κύκλου (30 λεπτά έναντι 20 λεπτών)
- Μικρότερους χρόνους σταματήματος (13% έναντι 25%)
- Μεγαλύτερες αποστάσεις (περίπου 23 χλμ. έναντι 11 χλμ.)
- Υψηλότερες ταχύτητες (έως 130 χλμ./ώρα έναντι 120 χλμ./ώρα)
- Σχεδόν 50% υψηλότερες μέσες ταχύτητες
- Υψηλότερη μέγιστη επιτάχυνση και περισσότερες φάσεις επιτάχυνσης
- Περίπου 20-30% υψηλότερη ισχύς οδήγησης βάσει των πιο δυναμικών συνθηκών οδήγησης
- Ρεαλιστικότερος υπολογισμός της αντίστασης κατά την οδήγησης για τις δοκιμές κατανάλωσης καυσίμου
- Λαμβάνεται υπ' όψιν ο προαιρετικός εξοπλισμός του οχήματος

Τέλος, οι τιμές που προκύπτουν βάσει του κύκλου οδήγησης WLTP είναι συγκρίσιμες παγκοσμίως, ενώ οι τιμές βάσει του κύκλου NEDC ισχύουν μόνο για την Ευρώπη.

4.5 Υποχρεώσεις των εταιριών

Η Οδηγία 1999/94/ΕΕ απαιτεί τη δωρεάν πληροφόρηση των καταναλωτών σχετικά με την κατανάλωση καυσίμου και των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) των καινούργιων επιβατικών αυτοκινήτων. Οι έμποροι των αυτοκινήτων είναι υποχρεωμένοι να τοποθετούν μια ετικέτα οικονομίας για κάθε διαφορετικό έκθεμα, είτε πάνω στο αυτοκίνητο, είτε κοντά σε αυτό, η οποία να εμφανίζει την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές CO₂. Οι τιμές της κατανάλωσης καυσίμου θα πρέπει να εκφράζονται σε λίτρα ανά 100 χιλιόμετρα (l/100 km). Η ετικέτα θα πρέπει να εμφανίζει ξεχωριστά τις τιμές που έχουν επιτευχθεί σε συνθήκες αστικού, υπεραστικού και συνδυασμένου κύκλου. Οι έμποροι υποχρεούνται επίσης να τοποθετήσουν μια αφίσα ή να διατηρούν κατάλληλο ηλεκτρονικό πίνακα σε υπολογιστή, που να εμφανίζει τις εκπομπές καυσίμου και CO₂ όλων των μοντέλων που διατίθενται για πώληση στο συγκεκριμένο σημείο πώλησης.⁴⁶

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Δημιουργία Κύκλων Οδήγησης

5.1 Γενικά

Από όλα όσα αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια, γίνεται αντιληπτό πως η δημιουργία ενός επικαιροποιημένου κύκλου οδήγησης της πόλης της Αθήνας, στην Ελλάδα, είναι σημαντική.

Τα δεδομένα και οι συνθήκες αλλάζουν από τόπο σε τόπο και από χρόνο σε χρόνο. Ο κύκλος οδήγησης της Αθήνας 2002 από τον Ε.Τζιράκη και το Εργαστήριο Καυσίμων και Λιπαντικών (ΕΚΛ) της σχολής Χημικών Μηχανικών του ΕΜΠ (2007)^{17,35,47} αποτελεί μία καλή βάση, ώστε να προκύψουν κατάλληλα συμπεράσματα για την κίνηση, τις εκπομπές καυσαερίων και την κατανάλωση καυσίμων, στο κέντρο της Αθήνας. Ωστόσο στο χρονικό διάστημα 2002-2017 έχουν μεσολαβήσει ποικίλες αλλαγές σε όλους τους τομείς (οικονομικές, κοινωνικές, τεχνολογικές ακόμη και αλλαγές στο οδικό δίκτυο και στα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς-συγκοινωνίες). Έτσι, το προφίλ ταχύτητας είναι λογικό να αλλάζει και αυτό με τη σειρά του. Γι' αυτό το λόγο, δόθηκε το έναυσμα για τη συλλογή μιας σειράς δεδομένων, που στην ουσία αντιπροσωπεύουν την ταχύτητα του οχήματος σε σχέση με τον χρόνο, δηλαδή για την ανάπτυξη ενός νέου κύκλου οδήγησης.

5.2 Σκοπός πειραματικού μέρους

Αυτό το κομμάτι της εργασίας περιγράφει και αναλύει τη μεθοδολογία συλλογής δεδομένων, τον εξοπλισμό που χρησιμοποιήθηκε για την συλλογή αυτών και την επεξεργασία των δεδομένων. Από μετρήσεις που έγιναν σε συγκεκριμένες διαδρομές, σε βασικές οδικές αρτηρίες μέσα στην πόλη της Αθήνας, προέκυψαν σημαντικές και χρήσιμες πληροφορίες οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω με την βοήθεια πινάκων και διαγραμμάτων. Σκοπός των μετρήσεων και της ανάλυσης αυτών είναι η δημιουργία ενός αντιπροσωπευτικού προφίλ της ταχύτητας της κίνησης στην πόλη της Αθήνας, για την εξαγωγή συμπερασμάτων τόσο για την κατανάλωση καυσίμων και την εκπομπή αέριων ρύπων όσο και για τις συνθήκες κίνησης που επικρατούν σήμερα στην πρωτεύουσα.

Επίσης, εκτός από τα συγκεκριμένα δρομολόγια πραγματοποιήθηκε και ένα άλλο είδος μετρήσεων, αυτό της Διαδικασίας Αναζήτησης Θέσης Στάθμευσης (ΔΑΘΣ). Η καταγραφή και παρακολούθηση των δεδομένων κίνησης οχήματος κατά τη διάρκεια της ΔΑΘΣ ή αλλιώς Parking Procedure Driving Cycle (PPDC) , πραγματοποιήθηκε πρώτη φορά από τον Δρ.Ε.Τζιράκη και συγκεκριμένα, για περιοχές με πρόβλημα στάθμευσης σε δημόσιους μη ελεγχόμενους δρόμους, στο λεκανοπέδιο της Αττικής.

5.3 Εισαγωγή στο πείραμα – συλλογή δεδομένων

5.3.1 Δρομολόγια Α,Β για τη δημιουργία αντιπροσωπευτικού κύκλου οδήγησης

Οι μετρήσεις για την παρούσα διπλωματική εργασία, καθώς και η επεξεργασία τους και ανάλυσή τους, είχαν ως κύριο σκοπό την δημιουργία ενός αντιπροσωπευτικού προφίλ της ταχύτητας της κίνησης στην πόλη της Αθήνας. Για να επιτευχθεί αυτός ο σκοπός ήταν αναγκαίο να γίνει επιλογή του κατάλληλου δρομολογίου καθώς και σχεδιασμός χρονικού πλάνου των μετρήσεων.

Η καταγραφή λοιπόν των δεδομένων ξεκίνησε το πρωί της Δευτέρας 10 Ιουλίου 2017 και σταμάτησε το απόγευμα του Σαββάτου 16 Σεπτεμβρίου 2017. Από αυτό το χρονικό διάστημα επιλέχθηκαν τέσσερις πλήρεις εβδομάδες (εξαιρουμένων των Κυριακών) για να γίνουν οι μετρήσεις και η συλλογή δεδομένων, κάποιων από των κεντρικότερων οδικών αρτηριών της πόλης της Αθήνας. Η επιλογή του συγκεκριμένου δρομολογίου βασίστηκε στο ότι :

- περιλαμβάνει κεντρικές οδούς και λεωφόρους του κέντρου της πόλης,
- έχει αρκετά μεγάλη κάλυψη σημαντικών σημείων της πόλης,
- η κάθε διαδρομή διαρκεί ένα καλό χρονικό διάστημα ώστε να βγουν συμπεράσματα από την καταγραφή των δεδομένων.
- Επίσης η συγκεκριμένη διαδρομή αποτελεί μια αντιπροσωπευτική διαδρομή για τους φοιτητές, καθηγητές, εργαζομένους του Πολυτεχνείου, αλλά και για όσους εργάζονται κοντά στο μετρό Κατεχάκη (στρατιωτικά και πολιτικά νοσοκομεία και υπηρεσίες) και πάνω στη λεωφόρο Μεσογείων.
- Επιπλέον, είναι εύλογο να αναφερθεί ότι συνδέονται σημαντικά σημεία εισόδων-εξόδων. Ειδικότερα, στο σημείο έναρξης υπάρχει άμεση πρόσβαση στην εθνική οδό Αθηνών-Λαμίας, στη λεωφόρο Αθηνών (Καβάλας) Α8 που κατευθύνεται στην εθνική οδό Αθηνών-Κορίνθου Ε94 και στην Ιερά οδό που καταλήγει στο κέντρο της Αθήνας. Από την άλλη μεριά, το σημείο τερματισμού βρίσκεται δίπλα σε είσοδο της Αττικής οδού καθώς και στην είσοδο για Περιφερειακή Υμηττού Α62 και λεωφόρο Αλίου-Κατεχάκης.

Το ημερήσιο πρόγραμμα της συλλογής των μετρήσεων περιελάμβανε δύο δρομολόγια την ημέρα (Αιγάλεω-Πολυτεχνείο, Πολυτεχνείο –Αιγάλεω), τα οποία πραγματοποιούνταν τις ώρες αιχμής. Για κάθε μια εβδομάδα επιλέχθηκε διαφορετική ώρα αιχμής έτσι ώστε να καλυφθούν όσο το δυνατόν καλύτερα όλες οι ζώνες ώρας (πρωινή-μεσημεριανή-απογευματινή). Την τελευταία εβδομάδα βέβαια επιλέχθηκε να γίνει μέτρηση την ίδια ώρα με την πρώτη εβδομάδα, δηλαδή 9-11 το πρωί , έτσι ώστε να υπάρχει πλήθος δεδομένων για τις πρωινές ώρες τόσο για το μήνα Ιούλιο όσο και για το μήνα Σεπτέμβριο.

Επομένως, συλλέχθηκαν συνολικά $4*6=24$ μετρήσεις «πήγαινε» και 24 μετρήσεις «έλα», δηλαδή σύνολο 48 μετρήσεις όσον αφορά τα δρομολόγια των διαδρομών. Τα σημεία εκκίνησης και τερματισμού παραμένουν πάντα ίδια. Εξαιρέση αποτελούν οι μέρες του

Αυγούστου , όπου η είσοδος και έξοδος στο Πολυτεχνείο γινόταν από την πύλη Κατεχάκη (αντί για την πύλη Κοκκινοπούλου) , αφού λόγω θερινής περιόδου ήταν μόνο αυτή ανοιχτή. Επίσης, η οδηγική συμπεριφορά (επιταχύνσεις, φρεναρίσματα, στυλ οδήγησης) ήταν η ίδια και για τις τέσσερις εβδομάδες, αφού η οδηγός ήταν μόνο μία. Με αυτόν τον τρόπο, έγινε προσπάθεια να προσεγγισθεί ένα ενδιάμεσο στυλ οδήγησης (ούτε επιθετικό, ούτε αμυντικό) και οι παράγοντες που επηρεάζουν το προφίλ ταχύτητας να μειωθούν μόνο στην κίνηση και τις καιρικές συνθήκες. Τελικά, έχοντας 4 εξάδες όμοιων μετρήσεων, όσον αφορά την ώρα και το στυλ οδήγησης, είναι εφικτό μετά από ανάλυση των δεδομένων να γίνει σύγκριση μεταξύ των ημερών, των ωρών, των μηνών ακόμη και των διαδρομών επιστροφής μεταξύ τους. Έτσι, μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα και να δοθούν οι κατάλληλες προτάσεις.

Πιο αναλυτικά οι μετρήσεις και τις 4 εβδομάδες έγιναν στις παρακάτω διαδρομές:

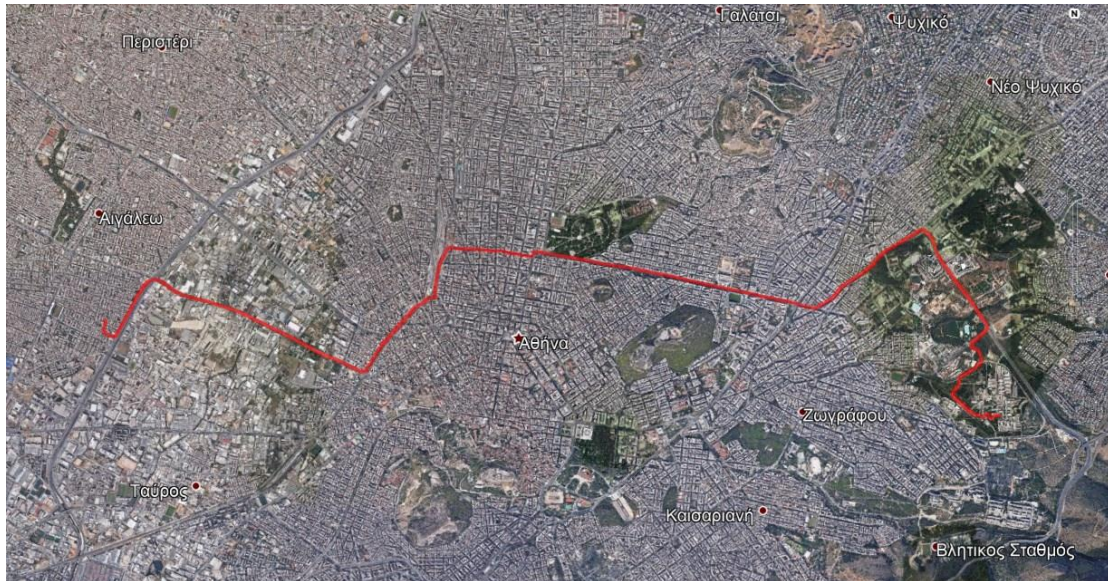
A διαδρομή. Το σημείο εκκίνησης είναι η οδός Λαμψάκου, στο Αιγάλεω και το σημείο τερματισμού είναι η σχολή Χημικών Μηχανικών, στην Πολυτεχνειούπολη, Ζωγράφου και συγκεκριμένα το parking έξω από το Αμφιθέατρο 2. Οι κεντρικές αρτηρίες που διασχίζονται είναι η Ιερά Οδός, η Λεωφόρος Κωνσταντινουπόλεως, η οδός Ηπείρου, η Λεωφόρος Αλεξάνδρας, η Λεωφόρος Μεσογείων και η Λεωφόρος Αλίμου – Κατεχάκη.

B διαδρομή. Το σημείο εκκίνησης είναι το parking έξω από το Αμφιθέατρο 2 της σχολής Χημικών Μηχανικών, στην Πολυτεχνειούπολη, Ζωγράφου και το σημείο τερματισμού είναι η οδός Λαμψάκου στο Αιγάλεω. Οι βασικές κεντρικές αρτηρίες που διασχίζονται είναι παρόμοιες με τις προηγούμενες αφού πρόκειται για την επιστροφή στο σημείο εκκίνησης. Αυτές κατά σειρά είναι : η Λεωφόρος Αλίμου – Κατεχάκη, η Λεωφόρος Μεσογείων, η Λεωφόρος Αλεξάνδρας, η οδός Ιουλιανού, η Λεωφόρος Κωνσταντινουπόλεως και η Ιερά Οδός.

Η συνολική ημερήσια απόσταση έφτανε τα 24,2 χλμ, (12,3 χλμ εκκίνηση – τερματισμός και 11,9 χλμ τερματισμός - εκκίνηση), ενώ το συνολικό μήκος για όλο το πείραμα ήταν περίπου 1200 χλμ. Ο μέσος χρόνος κάθε διαδρομής ήταν 50 λεπτά. Επομένως, ο συνολικός χρόνος του πειράματος εκτιμάται στα 144.000 δευτερόλεπτα ή 2.400 λεπτά, δηλαδή 40 ώρες. Όπως προαναφέρθηκε οι διαδρομές ήταν συγκεκριμένες και το μοντέλο οδήγησης που ακολουθήθηκε κατά τη διάρκεια των μετρήσεων βασιζόταν σε πραγματικά δεδομένα κίνησης, αφού ήταν η ίδια οδηγός μέσα σε ιδιωτικό αυτοκίνητο που ακολουθούσε τη γενική ροή των προπορευόμενων οχημάτων, υιοθετώντας ένα κατά γενική ομολογία αμυντικό στυλ οδήγησης, αποφεύγοντας τις απότομες επιβραδύνσεις και επιταχύνσεις.



Εικόνα 5.1 Διαδρομή A όπως φαίνεται από την εφαρμογή πλοήγησης google earth, σύμφωνα με τα ακριβή στοιχεία του gps του smartphone.



Εικόνα 5.2 Διαδρομή Β όπως φαίνεται από την εφαρμογή πλοήγησης google earth, σύμφωνα με τα δεδομένα του grs.

5.3.2 Συλλογή δεδομένων από τη Διαδικασία Αναζήτησης Θέσης Στάθμευσης για τη δημιουργία χαρακτηριστικού κύκλου οδήγησης Parking Procedure Driving Cycle (PPDC)

Όσον αφορά τη ΔΑΘΣ είναι δεδομένο ότι το πρόβλημα της στάθμευσης, γίνεται όλο και πιο ανεξέλεγκτο. Οι γρήγοροι ρυθμοί ζωής που κυριαρχούν τη σημερινή εποχή, η δραματική αύξηση των οχημάτων ιδιωτικής χρήσης, το παράνομο παρκάρισμα, η κυκλοφοριακή συμφόρηση καθώς και η πυκνή δόμηση των πόλεων, έχουν ως αποτέλεσμα την επιδείνωση του προβλήματος ανεύρεσης θέσης στάθμευσης. Η διαδικασία αυτή χαρακτηρίζεται από ένα ιδιαίτερο προφίλ κίνησης των οχημάτων που μπορεί να παράγει ένα διαφορετικό κύκλο οδήγησης, μέσω του οποίου μπορούν να διεξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα για την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές καυσαερίων, από μηχανή θερμής εκκίνησης.

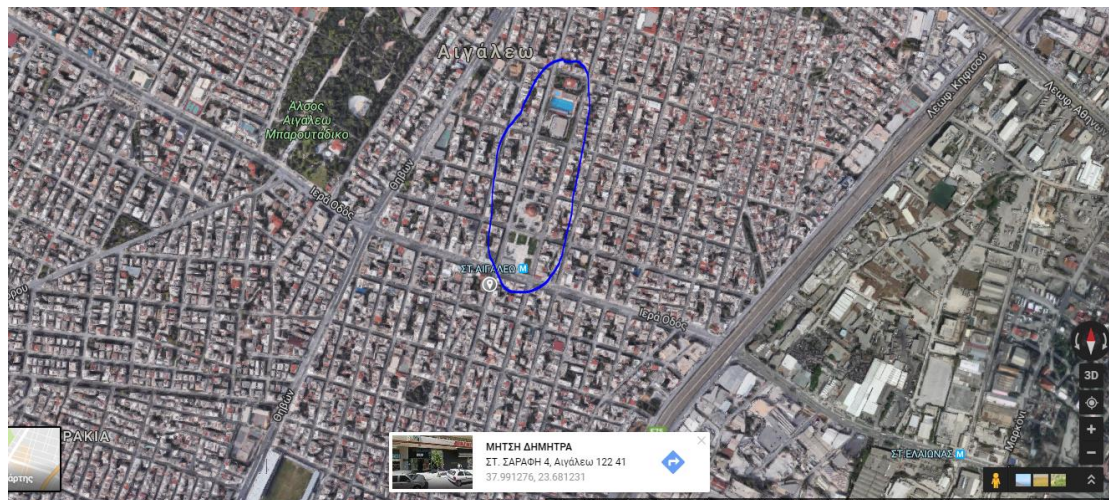
Κάποιες από τις κυριότερες παράμετρους που επηρεάζουν την κίνηση κατά τη διαδικασία εύρεσης θέσης είναι ο κυκλοφοριακός φόρτος λόγω ώρας αναζήτησης και η τοποθεσία. Έτσι, η τοποθεσία που επιλέχθηκε για να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις, είναι η περιοχή γύρω από το μετρό Αιγάλεω. Εκεί το πρόβλημα της στάθμευσης είναι αισθητό, αφού υπάρχει κίνηση καθ'ολη τη διάρκεια της ημέρας, διότι συνδυάζει κατοικίες, εμπορικά κέντρα, σταθμό μετρό κ.α

Τα δεδομένα της κίνησης συλλέχθηκαν όλες τις ημέρες της εβδομάδας εκτός της Κυριακής. Οι χρονικές ζώνες που καλύφθηκαν μέσα στην ημέρα περιελάμβαναν πρωινές, μεσημεριανές και απογευματινές ζώνες. Η επιλογή των ωρών αυτών έγινε, αφενός γιατί η παρακολούθηση του φαινομένου σε όλη τη διάρκεια της ημέρας είναι εξαιρετικά δύσκολη και χρονοβόρα, αφετέρου, οι συγκεκριμένες ώρες παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς είναι χρονικά διαστήματα κατά τα οποία μεγάλος αριθμός οχημάτων κινείται και ψάχνει να σταθμεύσει στην περιοχή, είτε για να φτάσει στον τόπο εργασίας του, είτε στον τόπο διαμονής του, είτε για να χρησιμοποιήσει το μετρό.

Επομένως, συλλέχθηκαν συνολικά $4 \cdot 6 = 24$ μετρήσεις που αφορούν το παρκινγκ. Το σημείο έναρξης της μέτρησης παραμένει πάντα ίδιο. Η καταγραφή των παραμέτρων κίνησης ξεκινάει με την πρώτη οπτική επαφή με το σημείο στόχο (εδώ μετρό Αιγάλεω). Αυτό

συνέβαινε στο φανάρι στην οδό Στέφανου Σαράφη και Ιεράς Οδού, πριν από την πλατεία του μετρό. Το όχημα δοκιμής, μετά την έναρξη της καταγραφής, αρχίζει την αναζήτηση θέσεων στάθμευσης όσο το δυνατό πιο κοντά στο σημείο στόχο. Καθώς παρέρχεται ο χρόνος, οι κύκλοι που διαγράφει το όχημα γύρω από τον στόχο αυξάνουν ακτίνα, δηλαδή το αυτοκίνητο αρχίζει και κινείται σε αποστάσεις μεγαλύτερες από τις γειτονικές, διευρύνοντας το πεδίο του και επιστρέφοντας περιστασιακά στο στόχο. Οποτεδήποτε παρουσιαστεί μια θέση στάθμευσης, τότε η οδηγός, χωρίς να είναι απαραίτητο να σταθμεύσει το όχημα, σημειώνει τη θέση στα όργανα καταγραφής, πατώντας τερματισμό της μέτρησης. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε κάποιες περιπτώσεις όπως το Σεπτέμβριο ο δρόμος μπροστά από το μετρό ήταν κλειστός λόγω θρησκευτικής εορτής γι αυτό και ειπλέχθηκε ένας δρόμος παράλληλος στον συνηθισμένο, ο οποίος και πάλι βρίσκεται σε κοντινή ακτίνα από το σταθμό του μετρό.

Η συνολική ημερήσια απόσταση από την στιγμή έναρξης αναζήτησης θέσης στάθμευσης μέχρι την στιγμή της στάθμευσης έφτανε συνήθως τα 700μ, το συνολικό μήκος για όλο το πείραμα ήταν περίπου 16000μ ή 16 χλμ. Ο μέσος χρόνος εύρεσης στάθμευσης εκτιμάται στα 4 λεπτά και ο συνολικός χρόνος του πειράματος στα 96 λεπτά, δηλαδή περίπου 1 ώρα και 30 λεπτά. Όπως προαναφέρθηκε οι διαδρομές και η περιοχή – στόχος εύρεσης θέσης στάθμευσης ήταν συγκεκριμένες. Το μοντέλο οδήγησης που ακολουθήθηκε κατά τη διάρκεια των μετρήσεων βασιζόταν σε πραγματικά δεδομένα κίνησης και στάθμευσης, θέτοντας ως όρο την αποφυγή παράνομης στάθμευσης. Μετά από επεξεργασία των δεδομένων βρίσκεται ο μέσος χρόνος αναζήτησης θέσης παρκινγκ, η μέση ωριαία ταχύτητα και όποια άλλη ποσότητα κίνησης κρίνεται χρήσιμη για εξαγωγή συμπερασμάτων.



Εικόνα 5.3 Δορυφορική Εικόνα της περιοχής αναζήτησης Θέσης Στάθμευσης από την εφαρμογή google maps.



Εικόνα 5.4 Παράδειγμα πειραματικής μέτρησης Διαδικασίας Αναζήτησης Θέσης Στάθμευσης, γύρω από το μετρό Αιγάλεω.

Στον παρακάτω πίνακα καταγράφονται συνολικά, οι ημερομηνίες και οι ώρες διεξαγωγής του κάθε είδους μετρήσεων.

Πίνακας 5.1 Συνολικό πλάνο μετρήσεων. (Ιδία επεξεργασία)

	Ημερομηνίες	Δρομολόγια Α,Β	ΔΑΘΣ
1 ^η εβδομάδα	10-15/7/2017	9-11	17.00
2 ^η εβδομάδα	17-22/7/2017	14.00-15.00	9
3 ^η εβδομάδα	7-12/8/2017	17.00-19.00	14.00
4 ^η εβδομάδα	11-16/9/2017	9-11	17.00

5.4 Συσκευές και εξοπλισμός

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, προκειμένου να μετρηθεί και να καταγραφεί η ταχύτητα κίνησης ενός οχήματος υπάρχουν διάφορες επιλογές²⁹ :

1. Χρήση πέμπτου τροχού.
2. Χρήση των σημάτων του συστήματος OBD της ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου (ECU) των οχημάτων.
3. Χρήση των σημάτων από την μονάδα του ABS.
4. Χρήση συστήματος μέτρησης των περιστροφών του τροχού.
5. Χρήση συσκευής μικροκυμάτων ή laser.
6. Χρήση ραντάρ, για τη μέτρηση της ταχύτητας του προπορευόμενου οχήματος.

5.4.1 Συσκευή OBD II - Pro Interface 327 BLUETOOTH

Για το πείραμα χρησιμοποιήθηκε ένα τυποποιημένο σύστημα OBD2 , το οποίο μάλιστα αποτελεί και Ευρωπαϊκό πρότυπο (EOBD - European On Board Diagnosis) για όλα τα νέα μοντέλα αυτοκινήτων. Το σύστημα αυτο καλείται στα Ελληνικά "Διάγνωση επί του οχήματος" ή στα Αγγλικά "On Board Diagnosis" και δόθηκε από το Εργαστήριο Καυσίμων και Λιπαντικών της σχολής Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ.



Εικόνα 5.5. Συσκευή OBD II Pro Interface 327 BLUETOOTH (http://www.obd2.gr/327_bluetooth.htm)

Το Pro Interface 327 BLUETOOTH, υποστηρίζει όλες τις μάρκες και τα μοντέλα των αυτοκινήτων που έχουν κατασκευαστεί μετά το 2000. Είναι ασύρματο και δε χρειάζεται να συνδεθεί με κάποιο καλώδιο, αφού κάθε αυτοκίνητο επιβάλλεται, σύμφωνα με την οδηγία, που εξέδωσε η Ευρωπαϊκή Ένωση 89/69ΕΥ, με ημερομηνία 13/10/1998, να διαθέτει τυποποιημένες μονάδες διασύνδεσης και συνδέσμους (φίσεις), ώστε να είναι εφικτή η σύνδεση του οποιοδήποτε κατάλληλου εξοπλισμού διάγνωσης. Επομένως, το OBD2 κρίνεται κατάλληλο για μόνιμη σύνδεση και με CAR PC -Pocket PC – Handheld.



Εικόνα 5.6 α,β. Φορητό OBD II - Pro Interface 327 BLUETOOTH, α) πριν την τοποθέτησή του και β) συνδεδεμένο και έτοιμο για πειραματική μέτρηση συλλογής δεδομένων κίνησης. (Ιδία επεξεργασία)

Ο σύνδεσμος OBD2, ή EOBD (European On Board Diagnosis) βρίσκεται μέσα στο χώρο των επιβατών και κοντά στην θέση του οδηγού (συγκεκριμένα κάτω από το ταμπλό των ενδείξεων και το τιμόνι), σε αντίθεση με παλαιότερα συστήματα όπου ο αντίστοιχος σύνδεσμος βρισκόταν μέσα στον χώρο του κινητήρα.

5.4.2 Ιδιωτικό αυτοκίνητο Hyundai – Accent 2000



Εικόνα 5.7 Το όχημα που χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια των δοκιμών. (Ιδία επεξεργασία)

Για τις μετρήσεις τόσο των διαδρομών Α,Β όσο και της ΔΑΘΣ ήταν αναγκαίο το ιδιωτικό όχημα που απεικονίζεται παραπάνω. Ο τύπος καυσίμου που χρησιμοποιεί το συγκεκριμένο όχημα είναι βενζίνη. Η μέση κατανάλωση καυσίμου είναι 6.1 λ./100 χλμ. Κάποια από τα κυριότερα χαρακτηριστικά αυτού του μοντέλου, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.2 Χαρακτηριστικά μοντέλου Hyundai – Accent 2000 (https://www.auto-data.net/gr/?f=showCar&car_id=13689)

μάρκα	Hyundai
μοντέλο	Accent
παραγωγή	Accent II
Περίοδος παραγωγής	1999-2004
Δύναμη	86 ιπποδύναμη /5500 σ.α.λ(rpm)
μέγιστη ταχύτητα	169 χλμ/ώρα
Ονομαστική ροπή του κινητήρα	114 Nm /3000 σ.α.λ. (rpm)
Κυβισμός κινητήρα	1341 εκ ³
Βαθμός συμπίεσης	9,5
Αριθμός ταχυτήτων	5
Καύσιμο	βενζίνη
Κατανάλωση καυσίμου - Κύκλος εντός πόλης	8.3 λ./100 χλμ
Κατανάλωση καυσίμου - Κύκλος εκτός πόλης	5.2 λ./100 χλμ
Κατανάλωση καυσίμου - Μικτός κύκλος	6.1 λ./100 χλμ
βάρος	995 κιλά
Μέγιστο βάρος	1480 κιλά

5.4.3 Smartphone Samsung J1 με λογισμικό Android και GPS

Για την καταγραφή, την επεξεργασία και την αποθήκευση των στοιχείων που συλλέγονται από το OBD II, είναι αναγκαία μια συσκευή Smartphone με λογισμικό Android. Αυτή που χρησιμοποιήθηκε στην περίπτωση μας ήταν ένα Samsung J1.

Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων ήταν ενεργοποιημένος ο εντοπισμός θέσης μέσω GPS (location), επιλογή που υπάρχει σε όλα τα Smartphones. Έτσι, καταγράφεται η ακριβής διαδρομή, που ακολουθείται κάθε φορά.

Στη συνέχεια, με την ενεργοποίηση του Bluetooth η κινητή συσκευή συνδέεται ασύρματα με το OBD II και γίνεται δυνατή η χρήση της κατάλληλης εφαρμογής Torque. Στην ουσία, αυτή η εφαρμογή που είναι διαθέσιμη στο Google PlayStore και λειτουργεί σε οποιαδήποτε συσκευή Android, είναι ένα εργαλείο διάγνωσης, καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων.



Εικόνα 5.7 α,β Εφαρμογή Torque Pro (OBD2 & Car). (<http://view.torque-bhp.com>)

Με την εφαρμογή αυτή υπάρχει πλέον η δυνατότητα ποικίλων ενεργειών όπως:

- Παρακολούθηση στην οθόνη του κινητού τηλεφώνου, των δεδομένων κίνησης που καταγράφονται σε πραγματικό χρόνο από το OBD
- Πλήρης έλεγχος όλων των παραμέτρων κίνησης που εμφανίζονται στην οθόνη, δυνατότητα προσαρμογής βάσει προτιμήσεων του χρήστη
- Έλεγχος του κινητήρα και σβήσιμο των φωτεινών ενδείξεων της μηχανής (check engine lights)
- Εύκολη μεταφορά και αποθήκευση δεδομένων σε οποιαδήποτε άλλη συσκευή είτε μέσω internet (e-mail, webservice) ή απευθείας στο online πρόγραμμα προβολής της εφαρμογής torque
- Εύρεση και διόρθωση τυχόν μελλοντικών σφαλμάτων ή βλαβών του οχήματος, που δεν θα είχαν εντοπιστεί με διαφορετικό τρόπο

Η εφαρμογή λειτουργεί σε οχήματα από τις εταιρίες Ford, GM/Vauxhall/Opel, Chrysler, Mercedes, Volkswagen, Audi, Jaguar, Citroen, Peugeot, Skoda, Kia, Mazda, Lexus, Daewoo, Renault, Mitsubishi, Nissan, Honda, Hyundai, BMW, Toyota, Seat, Dodge, Jeep, Pontiac, Subaru κ.α.

Για την αποθήκευση των δεδομένων που καταγράφονται, χρησιμοποιήθηκε ένας προσωπικός λογαριασμός gmail, ενώ για την επεξεργασία ένας προσωπικός υπολογιστής με προγράμματα όπως excel, google earth και matlab.

5.5 Πλεονεκτήματα σύγχρονων τεχνολογικών μέσων σε σχέση με παλαιότερων

Η σύγχρονη τεχνολογία που εφαρμόστηκε για την γρήγορη και ακριβή καταγραφή των πραγματικών δεδομένων κίνησης, ήταν ο συνδυασμός των παρακάτω :

- Smartphone
- OBD2
- Internet
- GPS

Αντίστοιχα για την επεξεργασία τους ήταν :

- ο προσωπικός υπολογιστής που είχε τη δυνατότητα να επεξεργαστεί τον μεγάλο αυτό όγκο δεδομένων μέσα σε λογικό χρόνο
- το internet
- το πρόγραμμα google earth
- matlab
- excel

Σε σχέση με τις παλαιότερες μεθόδους, τον εξοπλισμό και την τεχνολογία που χρησιμοποιούνταν για τη δημιουργία κύκλων οδήγησης, τα παραπάνω εκτιμώνται αρκετά πιο εξελιγμένα τεχνολογικά μέσα. Κάποια από τα κυριότερα πλεονεκτήματά τους είναι :

1. φορητές συσκευές, εύκολη μεταφορά
2. προσαρμόσιμα σε σχεδόν κάθε είδους αυτοκίνητο
3. φιλικά προς το χρήστη (εφαρμογή torque)
4. εύκολος τρόπος αποθήκευσης πολλών δεδομένων
5. καταγραφή πραγματικών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο (real time)
6. γρήγορη επεξεργασία μεγάλου όγκου δεδομένων

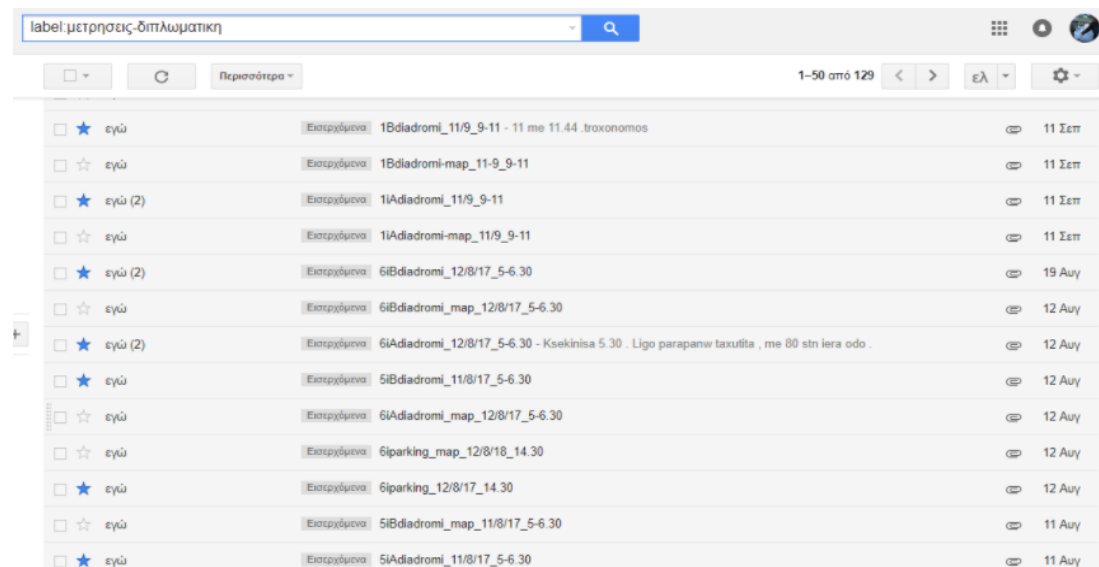


Εικόνα 5.8 Απαραίτητος πειραματικός εξοπλισμός. (Ιδία επεξεργασία)

Τελικά σε λιγότερο χρόνο υπάρχει η δυνατότητα επεξεργασίας και αποθήκευσης μεγαλύτερου όγκου δεδομένων, μέσω προσβάσιμων τεχνολογικών μέσων (κινητό smartphone, mail, Bluetooth, internet)

5.6 Μέθοδοι επεξεργασίας πραγματικών δεδομένων κίνησης

Τα αρχεία πραγματικών δεδομένων κίνησης μπορούν να αποθηκεύονται σε μορφή csv (comma separated values) είτε στο email είτε σε κάποιον υπολογιστή (μέσω Bluetooth) είτε σε κάποια εξωτερική μνήμη (σκληρός δίσκος, μονάδα USB – φλασάκι). Εκτός από τα csv αρχεία που περιέχουν όλα τα δεδομένα κίνησης υπάρχει η δυνατότητα να αποθηκεύονται και οι χάρτες με τη γεωγραφική θέση του οχήματος σε μορφή KML Lines (Google earth).



Εικόνα 5.9 αποθήκευση αρχείων μετρήσεων μέσω mail και αρχειοθέτησή τους. (Ιδία επεξεργασία)

Ύστερα λοιπόν, από την καταγραφή και αποθήκευση των πραγματικών δεδομένων κίνησης, ακολουθεί η κατάλληλη επεξεργασία τους, προκειμένου να δημιουργηθούν οι κύκλοι οδήγησης.

Σε πρώτο στάδιο πρέπει τα αρχεία που είναι αποθηκευμένα σε μορφή csv (comma separated values) να μετατραπούν σε αρχεία xls (excel). Μόνο έτσι είναι εφικτό να είναι σε μορφή επεξεργάσιμη και κατανοητή από τον κώδικα του matlab που θα αναφερθεί παρακάτω. Η μετατροπή των αρχείων, έγινε με τη χρήση της ιστοσελίδας zamzar.com .



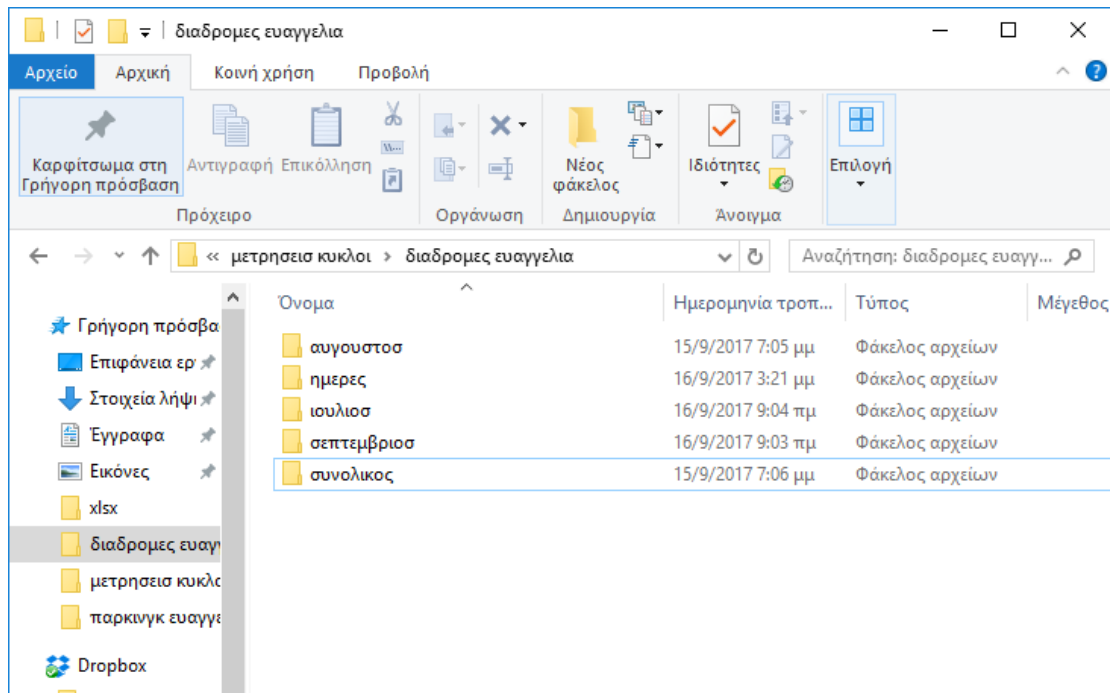
Εικόνα 5.10 Λογότυπο ιστοσελίδας zamzar.com. (<http://www.zamzar.com/>)

Εικόνα 5.11 Αρχείο μετρήσεων διαδρομής σε μορφή csv (comma separated values). (Ίδια επεξεργασία)

Εικόνα 5.12 Αρχείο μετρήσεων διαδρομής σε μορφή xlsx (excel). (Ίδια επεξεργασία)

Στη συνέχεια ακολουθεί η ταξινόμηση όλων των αρχείων excel σε φακέλους, ανάλογα με τον κύκλο οδήγησης που πρόκειται να δημιουργηθεί. Για παράδειγμα για τις μετρήσεις των διαδρομών:

1. 3 φάκελοι με αρχεία μετρήσεων από διαδρομές α) Ιουλίου , β) Αυγούστου και γ) Σεπτεμβρίου .
2. Φάκελος με όλα τα αρχεία και για τους 3 μήνες συνολικά και τέλος
3. 6 φάκελοι με αρχεία μετρήσεων για κάθε ημέρα της εβδομάδας ξεχωριστά (Δευτέρα – Σάββατο)



Εικόνα 5.13 Ταξινόμηση σε φακέλους προκειμένου να δημιουργηθούν οι κατάλληλοι κύκλοι οδήγησης μέσω matlab. (Ιδία επεξεργασία)

Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας το matlab και συγκεκριμένα τον κώδικα που ανέπτυξε ο φοιτητής της Σχολής Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ, Περικλής Κυριακός είναι δυνατόν να παραχθούν οι αντίστοιχοι κύκλοι οδήγησης για κάθε ημέρα και κάθε μήνα, καθώς και ένας συνολικός κύκλος από το σύνολο των μετρήσεων.

Για την εκτέλεση του προγράμματος στο matlab, αρχικά επιλέγεται ένας φάκελος από αυτούς που προαναφέρθηκαν, αναλόγως με τον επιθυμητό κύκλο οδήγησης κάθε φορά. Το πρόγραμμα τότε διαβάζει όλες τις μετρήσεις που χρειάζονται (από τα αρχεία xlsx). Αρχικά εκτιμάει το χρόνο εκκίνησης, δηλαδή πόση ώρα έκανε το αυτοκίνητο να κινηθεί από τη στιγμή που ξεκίνησε η λειτουργία της μηχανής και η καταγραφή από το OBDII. Ο μέσος όρος του χρόνου εκκίνησης (λίγα δευτερόλεπτα συνήθως), προστίθεται στο ξεκίνημα των κύκλων που θα παραχθούν στην συνέχεια, έτσι ώστε να λάβουμε υπόψιν μας τον συνολικό χρόνο λειτουργίας του κινητήρα (για ακρίβεια υπολογισμού εκπομπών ρύπων).

Στην συνέχεια υπολογίζονται τα μέσα μεγέθη όλων των μετρήσεων του μήνα (μέση ταχύτητα, μέσος χρόνος διάρκειας διαδρομής, μέση επιτάχυνση, μέση επιβράδυνση) τα οποία και θα αποτελέσουν κριτήρια για την επιλογή του τελικού κύκλου.

Στο επόμενο βήμα διαχωρίζονται τα δεδομένα κίνησης σε microtrips.^{48,49} Ως microtrip, ορίζεται το χρονικό διάστημα από τη στιγμή που το αυτοκίνητο ξεκίνησε να κινείται μέχρι την αρχή της επόμενης εκκίνησης. Επομένως περιλαμβάνει μια περίοδο συνεχόμενης κίνησης αλλά και μια περίοδο στάσης (μεχρι τη χρονική στιγμή πριν το επόμενο ξεκίνημα). Έπειτα εισάγονται όλα τα microtrips σε μια βάση δεδομένων (pool) στην οποία χωρίζονται σε κλάσεις χρονικής διάρκειας κατά αύξουσα σειρά με βάση στατιστική μέθοδο.^{50,51}

Εκεί το πρόγραμμα επιλέγει με τυχαία σειρά microtrips τα οποία προστίθενται το ένα μετά το άλλο για να φτιάξει μία ολοκληρωμένη διαδρομή με χρονική διάρκεια κοντά στην μέση που υπολογίστηκε προηγουμένως. Ουσιαστικά αυτή η διαδρομή αποτελεί έναν Κύκλο Οδήγησης. Παράγεται ένας ικανός αριθμός κύκλων οδήγησης (50). Στο επόμενο βήμα με τις κατάλληλες προγραμματιστικές και στατιστικές μεθόδους, επιλέγεται το πιο

αντιπροσωπευτικό προφίλ ταχύτητας⁵², αυτό δηλαδή που βρίσκεται πιο κοντά στο μέσο προφίλ όλων και τελικά δημιουργείται ο αντιπροσωπευτικός κύκλος οδήγησης για το χρονικό διαστήμα (μήνα, μέρα, ώρα) που επιλέχθηκε.

The screenshot shows the MATLAB R2016a environment. A 'Select Directory to Open' dialog box is open, showing a list of folders in the 'evaggelis' directory. The 'ισουλιο' folder is selected. In the background, the Command Window shows the following error messages:

```
>> programEVAG
Error using dit
Invalid path. The path must not contain a null character.
Error in programEVAG (line 6)
D = dir([Location, '\*.xlsx']);
>> programEVAG
```

The Workspace window on the right shows the following variables:

Name	Value
ACC	512x1 double
acceleration	1x2 cell
acceleration1	2557x2 double
Altitude	1x2 cell
answer	15
averagestartup	4
CLASSES	11x16 cell
CLASSES_Acceleration	11x16 cell
Cycle	256x3 double
CYCLES	2x5 cell
CYCLES	6x5 cell
defaults	1x2 cell
dig_title	Input
#1	2557
#2	1
#3	2
#4	0
Location	0x2 cell
MEAN_ACCEL	4x2 cell
MEAN_TRIP_ACCEL	4x2 cell
MEANTRIP SPEED	8x7 cell
MICRO	1
num_lines	1
prompt	1x2 cell
speed	1x2 cell
SPEED	512x2 double
starttime	[1 7]
stops	0

The screenshot shows the MATLAB R2016a environment with the Command Window displaying the output of the script. The Command Window shows the following output:

```
Columns 121 through 125
[29x1 double] [23x1 double] [26x1 double] [35x1 double] [45x1 double]
[ 1] [ 1] [ 1] [ 1] [ 1]
[ 29] [ 23] [ 26] [ 35] [ 45]
[29x1 double] [23x1 double] [26x1 double] [35x1 double] [45x1 double]
[ 1] [ 1] [ 1] [ 1] [ 1]

Columns 126 through 130
[70x1 double] [52x1 double] [47x1 double] [184x1 double] [81x1 double]
[ 1] [ 1] [ 1] [ 1] [ 1]
[ 70] [ 52] [ 47] [ 184] [ 81]
[70x1 double] [52x1 double] [47x1 double] [184x1 double] [81x1 double]
[ 1] [ 1] [ 1] [ 1] [ 1]
```

The Workspace window on the right shows the following variables:

Name	Value
ACC	512x1 double
acceleration	1x2 cell
acceleration1	2557x2 double
Altitude	1x2 cell
answer	15
averagestartup	4
CLASSES	11x16 cell
CLASSES_Acceleration	11x16 cell
Cycle	256x3 double
CYCLES	2x5 cell
CYCLES	6x5 cell
defaults	1x2 cell
dig_title	Input
#1	2557
#2	1
#3	2
#4	0
Location	0x2 cell
MEAN_ACCEL	4x2 cell
MEAN_TRIP_ACCEL	4x2 cell
MEANTRIP SPEED	8x7 cell
MICRO	1
num_lines	1
prompt	1x2 cell
speed	1x2 cell
SPEED	512x2 double
starttime	[1 7]
stops	0

Variables - CLASSES																
CLASSES MICRO																
68x23 cell																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	'ΔΙΑΣΤΗΜΑ...	'ΜΕΧΡ'	'ΜΕΧΡ'	'ΜΕΧΡ'	'ΜΕΧΡ'	'ΜΕΧΡ'	'ΜΕΧΡ'	'ΜΕΧΡ'	'ΜΕΧΡ'	'ΜΕΧΡ'	'ΜΕΧΡ'	'ΜΕΧΡ'	'ΜΕΧΡ'	'ΜΕΧΡ'	'ΜΕΧΡ'	'ΜΕΧΡ'
2	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225
3	'MICROTRIP...		22x1 double	33x1 double	59x1 double	71x1 double	87x1 double	93x1 double	109x1 double	123x1 double	149x1 double	159x1 double	167x1 double	194x1 double	197x1 double	215x1 double
4			27x1 double	35x1 double	47x1 double	64x1 double	85x1 double	91x1 double	108x1 double	127x1 double	141x1 double	153x1 double	167x1 double	184x1 double	198x1 double	222x1 double
5			28x1 double	37x1 double	58x1 double	74x1 double	86x1 double	96x1 double	106x1 double	124x1 double	141x1 double	159x1 double	172x1 double	182x1 double	203x1 double	214x1 double
6			28x1 double	31x1 double	49x1 double	63x1 double	84x1 double	100x1 double	106x1 double	129x1 double	149x1 double	158x1 double	173x1 double	181x1 double	205x1 double	218x1 double
7			23x1 double	41x1 double	48x1 double	66x1 double	80x1 double	103x1 double	113x1 double	124x1 double	145x1 double	162x1 double	172x1 double	193x1 double	198x1 double	224x1 double
8			21x1 double	42x1 double	54x1 double	68x1 double	86x1 double	103x1 double	108x1 double	134x1 double	138x1 double	159x1 double	171x1 double	188x1 double	208x1 double	
9			19x1 double	37x1 double	54x1 double	61x1 double	84x1 double	96x1 double	111x1 double	127x1 double	139x1 double	163x1 double	170x1 double			
10			22x1 double	38x1 double	47x1 double	61x1 double	79x1 double	94x1 double	109x1 double	129x1 double	140x1 double	158x1 double	167x1 double			
11			20x1 double	38x1 double	51x1 double	68x1 double	83x1 double	92x1 double	112x1 double	134x1 double	139x1 double	155x1 double	171x1 double			
12			19x1 double	43x1 double	58x1 double	61x1 double	88x1 double	102x1 double	119x1 double	124x1 double	146x1 double	155x1 double	167x1 double			
13			23x1 double	43x1 double	55x1 double	74x1 double	86x1 double	96x1 double	106x1 double	121x1 double	136x1 double	158x1 double	168x1 double			
14			28x1 double	44x1 double	59x1 double	66x1 double	79x1 double	99x1 double	106x1 double	130x1 double	146x1 double	151x1 double				
15			20x1 double	43x1 double	48x1 double	69x1 double	82x1 double	94x1 double	118x1 double	134x1 double	147x1 double	153x1 double				
16			19x1 double	40x1 double	56x1 double	67x1 double	87x1 double	103x1 double	110x1 double	122x1 double	145x1 double	163x1 double				
17			20x1 double	32x1 double	53x1 double	70x1 double	76x1 double	99x1 double	107x1 double	133x1 double	138x1 double	158x1 double				
18			26x1 double	32x1 double	59x1 double	72x1 double	88x1 double	91x1 double	111x1 double	126x1 double	141x1 double	159x1 double				
19			28x1 double	39x1 double	47x1 double	62x1 double	81x1 double	96x1 double	116x1 double	122x1 double	137x1 double	163x1 double				
20			19x1 double	44x1 double	51x1 double	67x1 double	77x1 double	101x1 double	116x1 double	125x1 double	140x1 double					
21			25x1 double	36x1 double	46x1 double	69x1 double	78x1 double	92x1 double	119x1 double	123x1 double	140x1 double					
22			21x1 double	31x1 double	51x1 double	69x1 double	84x1 double	100x1 double	110x1 double	132x1 double						
23			28x1 double	37x1 double	51x1 double	67x1 double	81x1 double	101x1 double	108x1 double	127x1 double						
24			25x1 double	42x1 double	50x1 double	68x1 double	84x1 double	93x1 double	115x1 double							
25			20x1 double	31x1 double	48x1 double	70x1 double	80x1 double	94x1 double	118x1 double							
26			18x1 double	41x1 double	58x1 double	67x1 double	77x1 double	104x1 double	109x1 double							
27			25x1 double	39x1 double	51x1 double	65x1 double	87x1 double	103x1 double	119x1 double							
28			20x1 double	44x1 double	54x1 double	67x1 double	77x1 double	91x1 double	113x1 double							
29			22x1 double	43x1 double	53x1 double	61x1 double	84x1 double	104x1 double	118x1 double							

Variables - MICRO																
CLASSES MICRO																
8x462 cell																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	'MICROTRIP'															
2	71x1 double	87x1 double	64x1 double	109x1 double	159x1 double	74x1 double	22x1 double	59x1 double	33x1 double	47x1 double	167x1 double	35x1 double	37x1 double	63x1 double	93x1 double	167x1 double
3	'DURATION'															
4	71	87	64	109	159	74	22	59	33	47	167	35	37	63	93	167
5	'MICROTRIP'															
6	71x1 double	87x1 double	64x1 double	109x1 double	159x1 double	74x1 double	22x1 double	59x1 double	33x1 double	47x1 double	167x1 double	35x1 double	37x1 double	63x1 double	93x1 double	167x1 double
7	'ΣΥΝΟΛΟ'															
8	831															
9																
10																
11																
12																
13																
14																

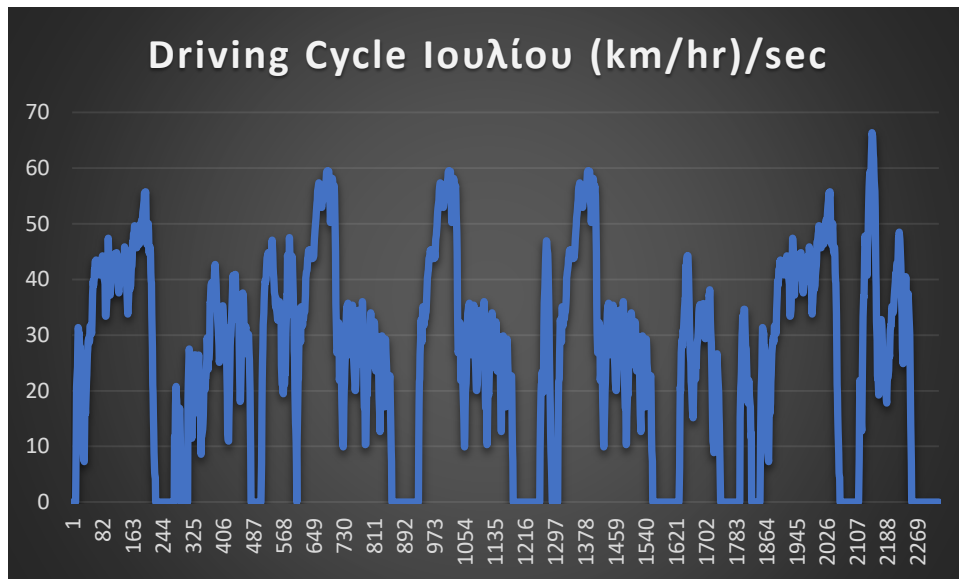
Εικόνες 5.14 α,β,γ,δ. Διαδικασία εκτέλεσης προγράμματος matlab για δημιουργία ΚΟ Ιουλίου. (Ιδία επεξεργασία)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 Ανάλυση δεδομένων – Αποτελέσματα

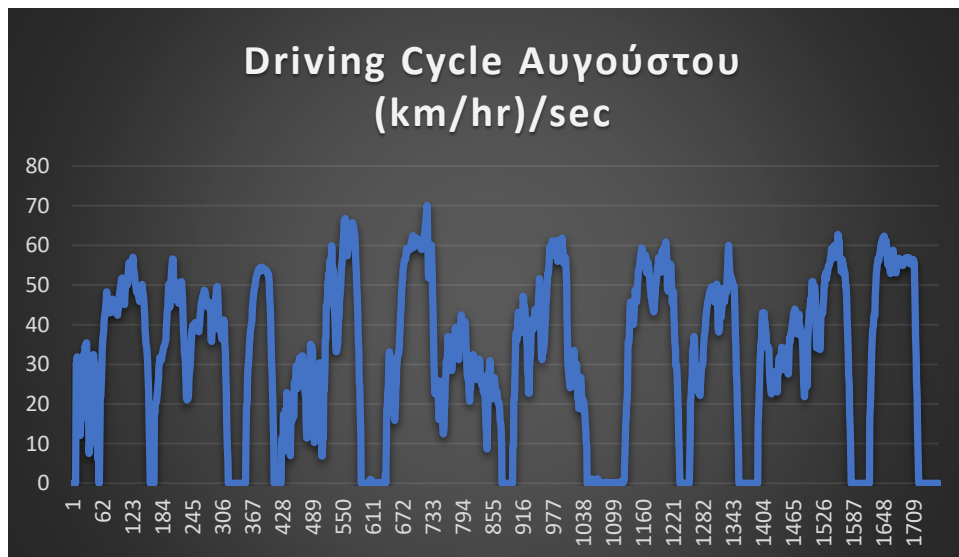
6.1 Αποτελέσματα – Αντιπροσωπευτικά προφίλ ταχύτητας

6.1.1 Αντιπροσωπευτικά προφίλ ταχύτητας για διαδρομή Α, Β

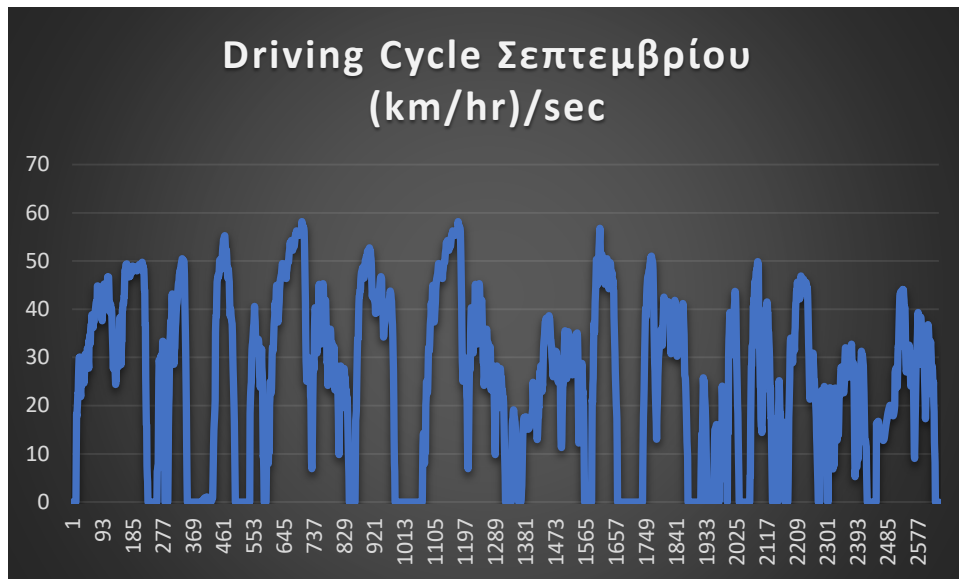
Από την ανάλυση των δεδομένων δημιουργήθηκαν γραφικές παραστάσεις που απεικονίζουν την κυκλοφοριακή κατάσταση ανά ημέρα, μήνα και συνολικά για τους 3 μήνες, των κεντρικών οδικών αρτηριών της Αθήνας. Συνεπώς, μετά την εκτέλεση του προγράμματος matlab και ύστερα από επεξεργασία των αποτελεσμάτων και στο πρόγραμμα excel, προκύπτουν τα παρακάτω διαγράμματα.



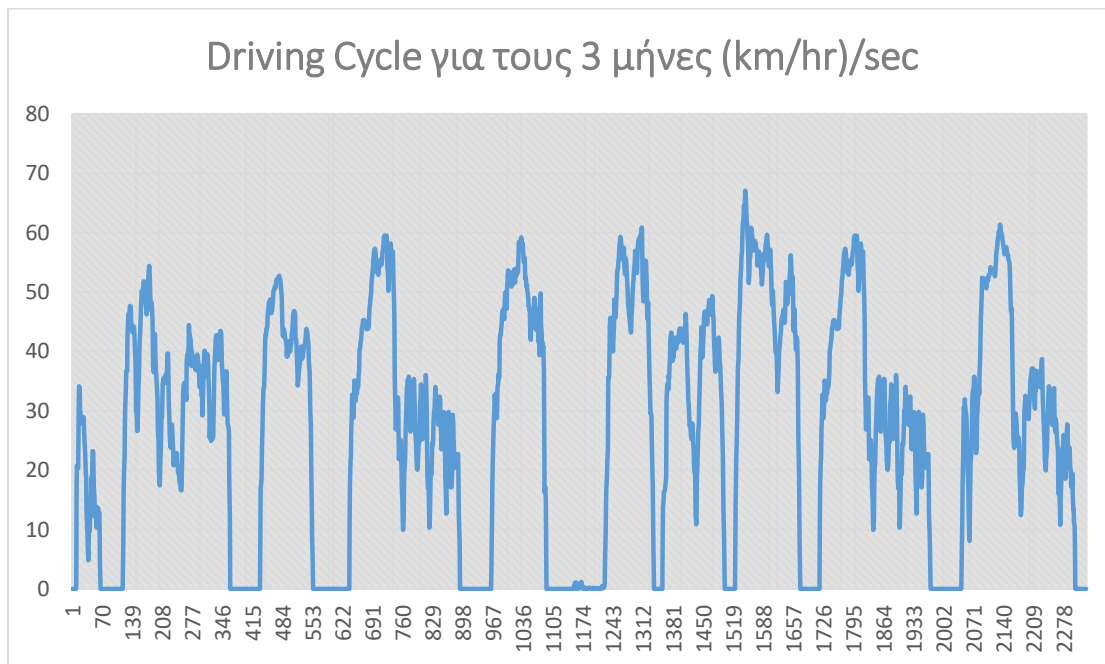
Διάγραμμα 6.1 ΚΟ διαδρομών Α, Β για το μήνα Ιούλιο.



Διάγραμμα 6.2 ΚΟ διαδρομών Α, Β για το μήνα Αυγούστο.

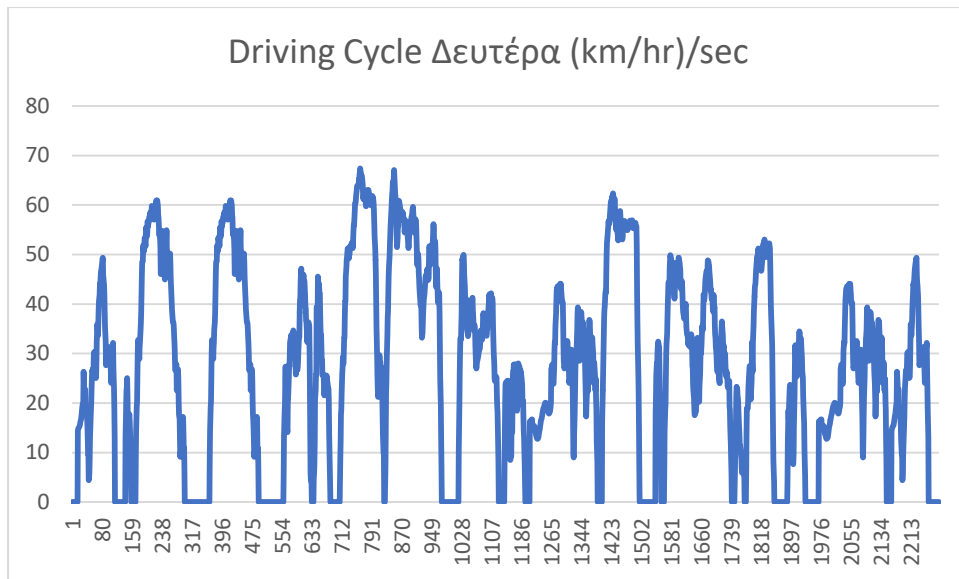


Διάγραμμα 6.3 ΚΟ διαδρομών Α, Β για το μήνα Σεπτέμβριο.

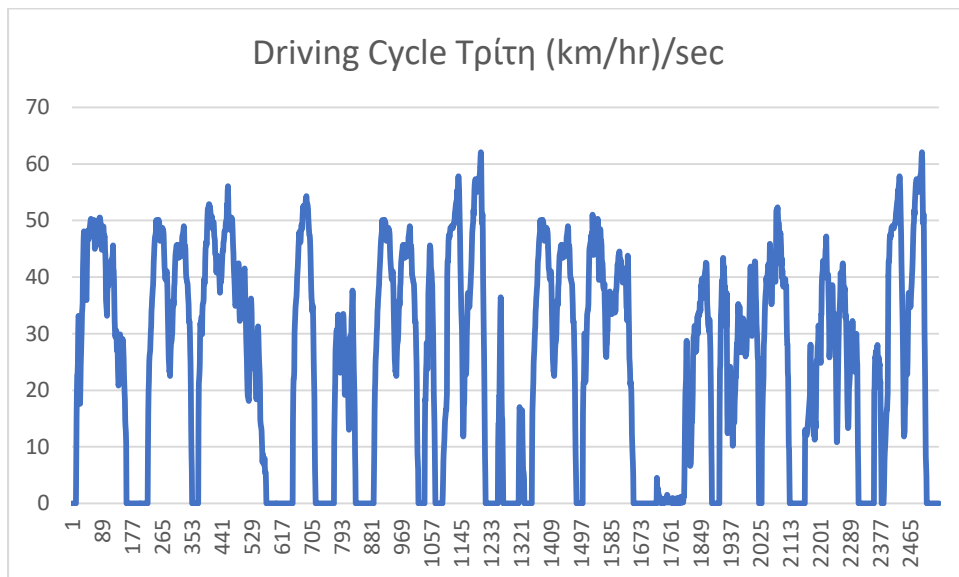


Διάγραμμα 6.4 ΚΟ διαδρομών Α, Β συνολικά και για τους 3 μήνες (Ιούλιος-Σεπτέμβριος)

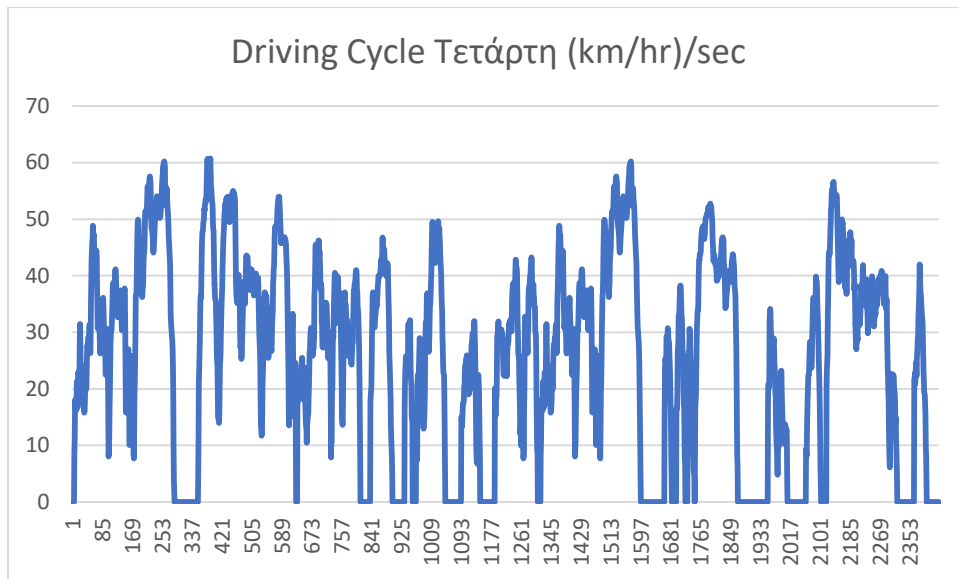
ΣΧΟΛΙΑ - ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ Στο διάγραμμα του αντιπροσωπευτικού προφίλ ταχύτητας και για τους 3 μήνες, είναι διακριτές οι φάσεις (κίνηση ανάμεσα σε δύο στάσεις), οι ομαλές επιταχύνσεις, και στις 2 τελευταίες φάσεις διακρίνουμε ότι το όχημα ακολουθεί τη γενική ροή των προπορευόμενων οχημάτων κατά πάσα πιθανότητα προς τον φωτεινό σηματοδότη ή σε κάποια λεωφόρο με αυξημένη κίνηση, αφού αυξομειώνεται τη ταχύτητα του μέχρι να σταματήσει.



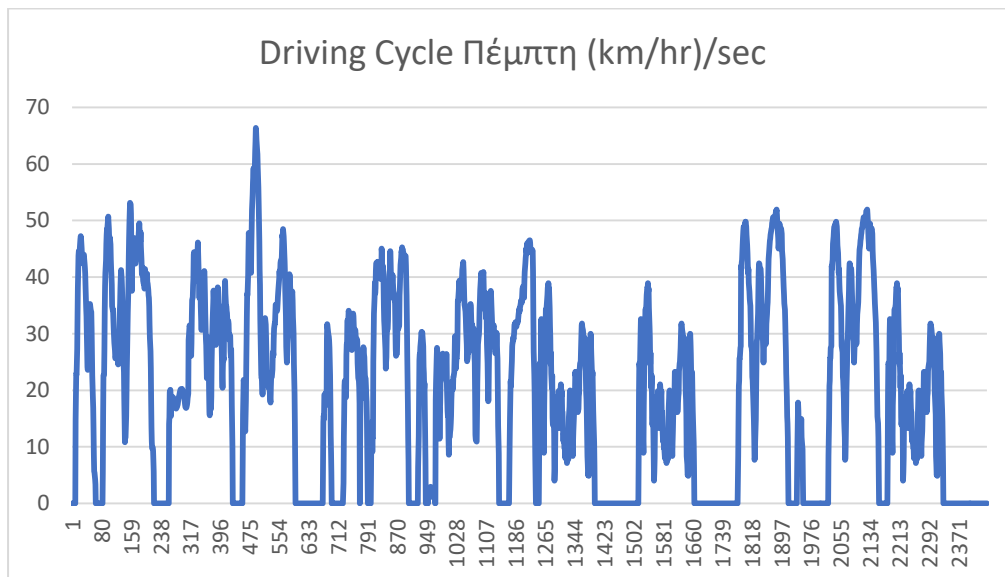
Διάγραμμα 6.5 ΚΟ διαδρομών Α, Β συνολικά για όλες τις Δευτέρες.



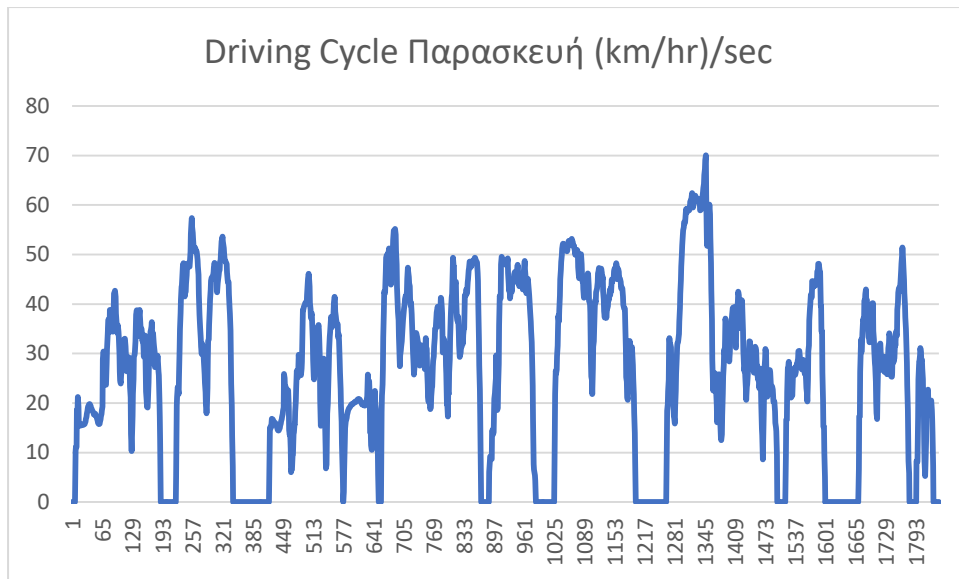
Διάγραμμα 6.6 ΚΟ διαδρομών Α, Β συνολικά για όλες τις Τρίτες.



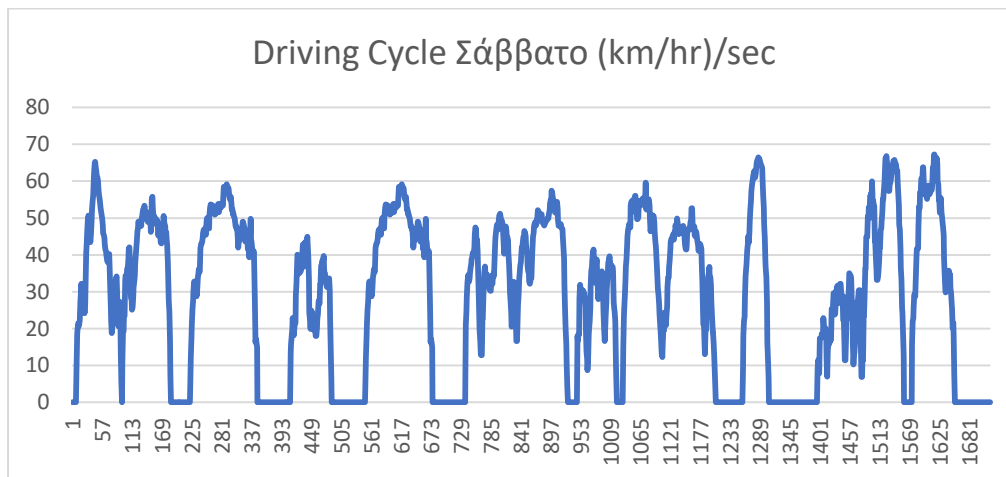
Διάγραμμα 6.7 ΚΟ διαδρομών Α, Β συνολικά για όλες τις Τετάρτες.



Διάγραμμα 6.8 ΚΟ διαδρομών Α, Β συνολικά για όλες τις Πέμπτες.



Διάγραμμα 6.9 ΚΟ διαδρομών Α, Β συνολικά για όλες τις Παρασκευές.

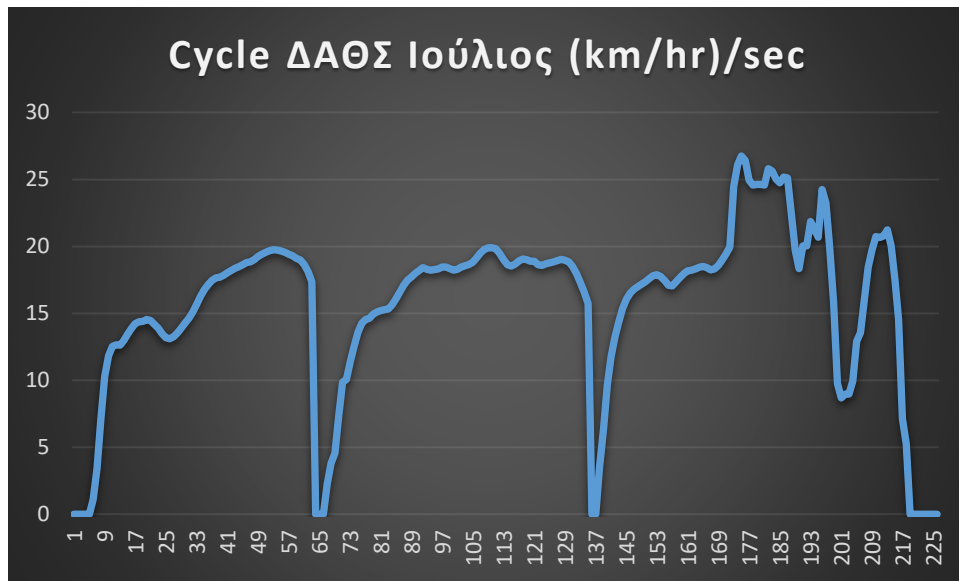


Διάγραμμα 6.10 ΚΟ διαδρομών Α, Β συνολικά για όλα τα Σάββατα.

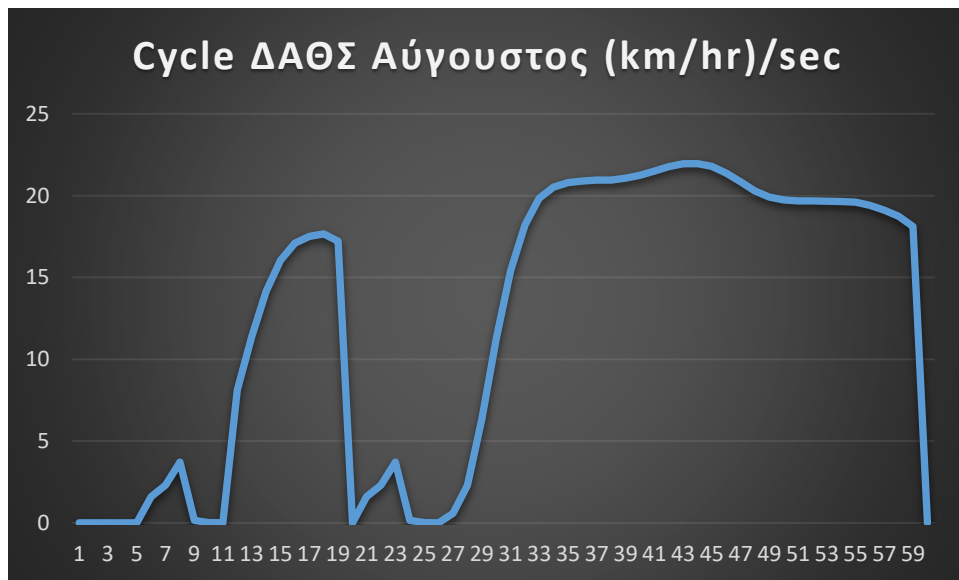
ΣΧΟΛΙΑ - ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ Όσον αφορά την κάθε μέρα ξεχωριστά, ήδη χωρίς περαιτέρω ανάλυση, γίνεται αντιληπτό ότι ο κύκλος έχει μικρότερη διάρκεια τα Σάββατα και μεγαλύτερη την Τρίτη. Αυτό οφείλεται στο ότι την Τρίτη κυκλοφορούν περισσότερα οχήματα είτε για να πάνε στην εργασία τους είτε για ψώνια αφού τα μαγαζιά είναι ανοιχτά και το απόγευμα. Ακόμη, από την Τρίτη έως την Πέμπτη παρατηρούνται περισσότερες αυξομειώσεις ταχύτητας που φανερώνει αυξημένη κίνηση στους δρόμους και μποτιλιάρισμα.

6.1.2. Αντιπροσωπευτικά προφίλ ταχύτητας για ΔΑΘΣ

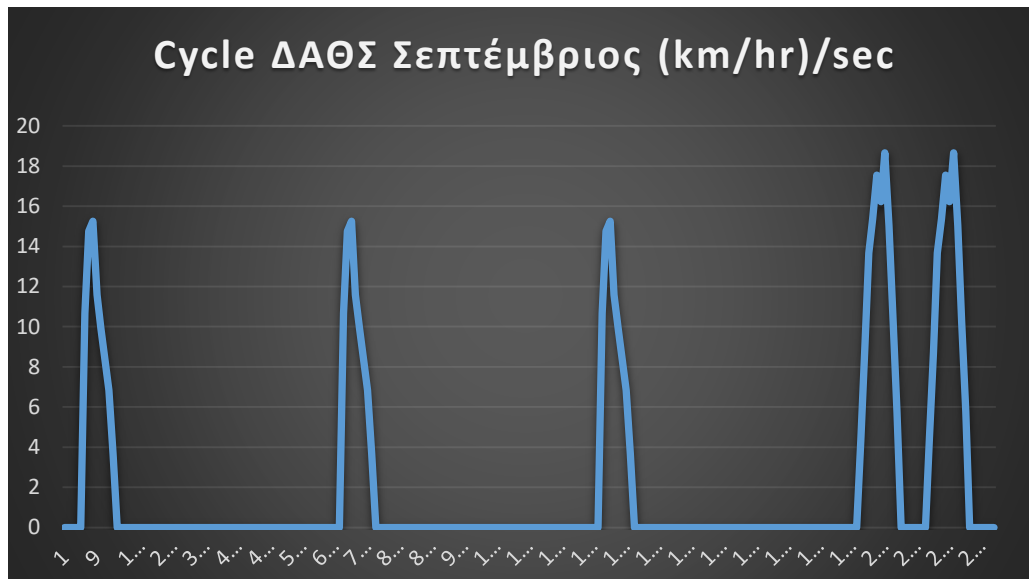
Αντίστοιχα, μετά από την εκτέλεση του προγράμματος στο matlab και κάποια επεξεργασία στο excel, προκύπτουν τα αντιπροσωπευτικά διαγράμματα προφίλ ταχύτητας – χρόνου, για τη Διαδικασία Αναζήτησης Θέσης Στάθμευσης (ΔΑΘΣ). Υπενθυμίζουμε ότι αυτή έγινε για την περιοχή κοντά στο μετρό Αιγάλεω.



Διάγραμμα 6.12 ΚΟ ΔΑΘΣ για το μήνα Ιούλιο.



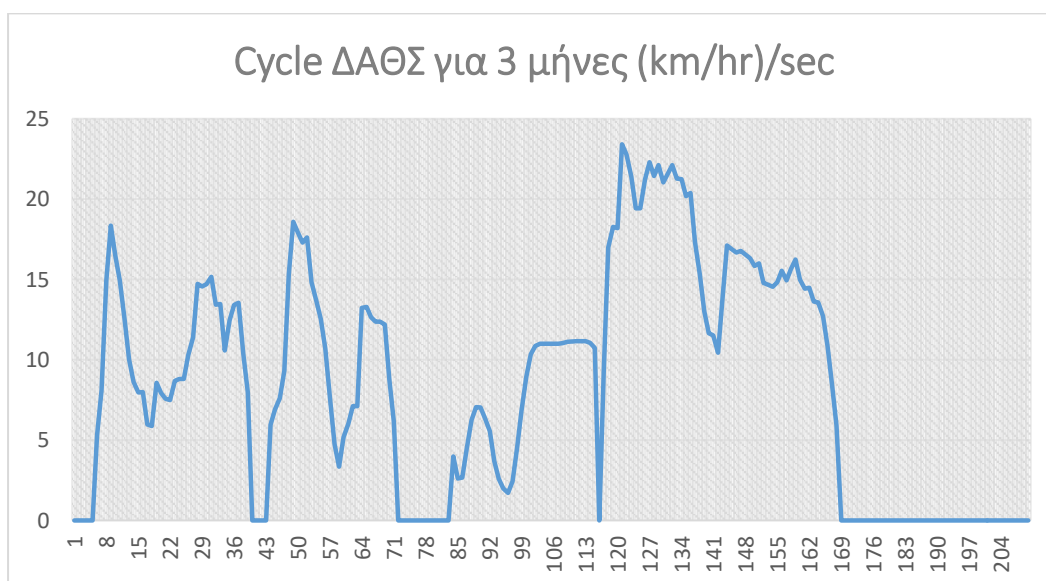
Διάγραμμα 6.13 ΚΟ ΔΑΘΣ για το μήνα Άυγουστο.



Διάγραμμα 6.14 ΚΟ ΔΑΘΣ για το μήνα Σεπτέμβριο.

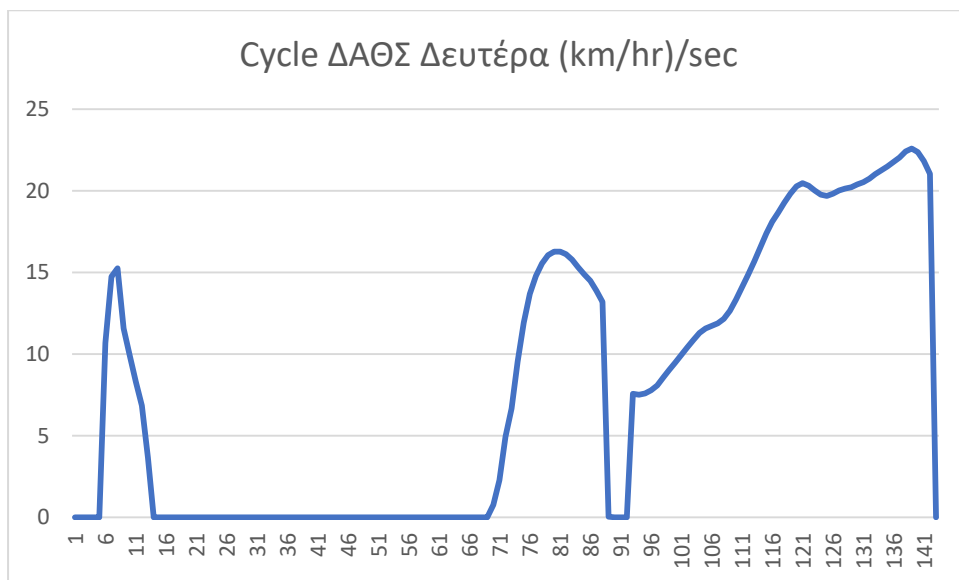
ΣΧΟΛΙΑ - ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ Όσον αφορά τους μήνες, οι κύκλοι οδήγησης είναι αντιπροσωπευτικοί, παρόλο που είναι πιο απλοί γιατί αφενός μεν φτιάχτηκαν από λιγότερες μετρήσεις, αφετέρου αυτές οι μετρήσεις είχαν διάρκεια κατά πολύ μικρότερη από αυτή των μετρήσεων των διαδρομών Α, Β. Παρ'όλαυτα τα διαγράμματα απεικονίζουν το προφίλ παρκαρίσματος, δηλαδή τα χαρακτηριστικά μεγέθη όπως η μέση διάρκεια ή μέση ταχύτητα, η μέση επιτάχυνση και επιβράδυνση.

Ωστόσο, συγκεκριμένα για τον Σεπτέμβριο το προφίλ δεν είναι χαρακτηριστικό αφού τα δεδομένα ήταν ελλιπή και χρειάζονταν περισσότερες μετρήσεις. Σημαντικό είναι να σημειωθεί πως το Σεπτέμβριο, στην περιοχή όπου γίνονταν οι μετρήσεις ΔΑΘΣ, υπήρχε παζάρι, λόγω θρησκευτικής εορτής. Έτσι δικαιολογούνται τα μεγάλα χρονικά διαστήματα στάσης, ανάμεσα στις φάσεις κίνησης, πριν βρεθεί θέση στάθμευσης.

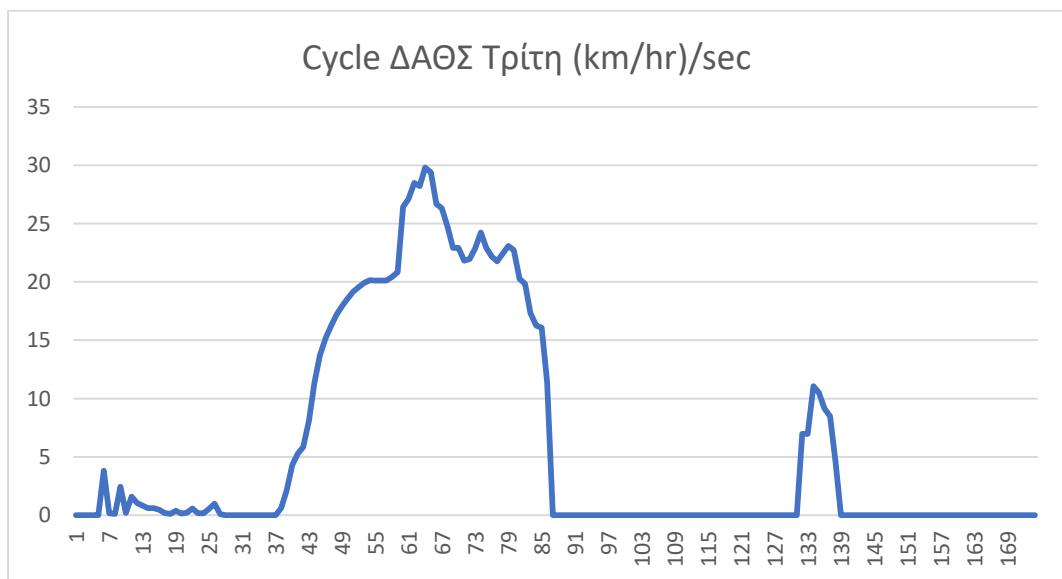


Διάγραμμα 6.15 ΚΟ ΔΑΘΣ για τους 3 μήνες συνολικά (Ιούλιο – Σεπτέμβριο).

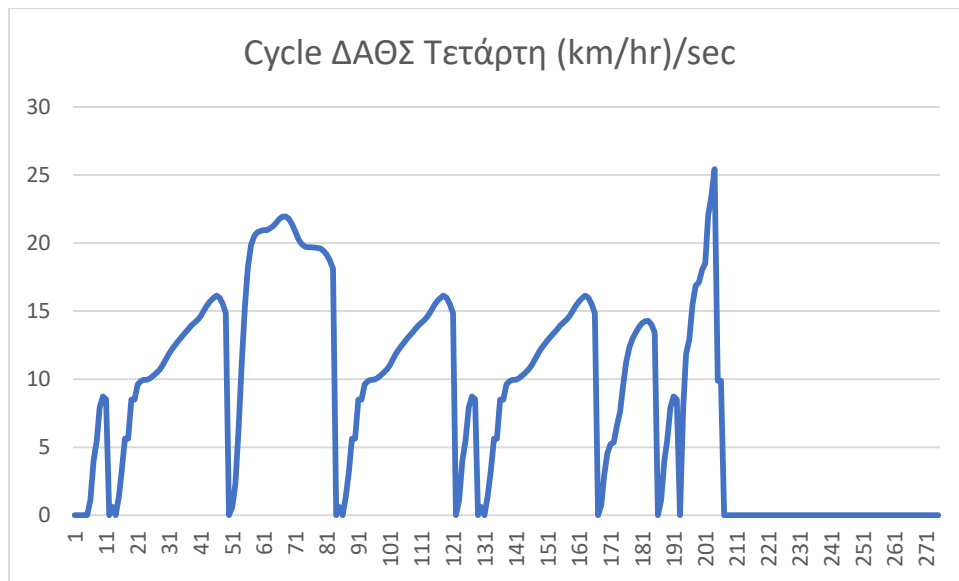
ΣΧΟΛΙΑ - ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ Στο διάγραμμα του αντιπροσωπευτικού προφίλ ταχύτητας και για τους 3 μήνες, είναι διακριτές και πάλι οι φάσεις (κίνηση ανάμεσα σε δύο στάσεις), οι επιταχύνσεις, και γενικά οι αυξομειώσεις της ταχύτητας. Η μέγιστη ταχύτητα φτάνει περίπου στα 25 km/h, ενώ η μέση ταχύτητα είναι 8,45 km/h. Γενικά οι ταχύτητες διατηρούνται πολύ χαμηλές, αφού αναζητείται θέση στάθμευσης. Ένας άλλος λόγος για την χαμηλή ταχύτητα, είναι η αυξημένη κίνηση που υπάρχει γύρω από το μετρό Αιγάλεω, αφού πολλά αυτοκίνητα σταματάνε προσωρινά είτε για να κατέβει κάποιος συνεπιβάτης στο μετρό είτε για να ψωνίσουν σε κάποιο μαγαζί, φαρμακείο, σουπερ μάρκετ ή ακόμη και για να περιμένουν κάποιον που έρχεται με το μετρό. Βέβαια, αυτή η προσωρινή στάση, προκαλεί κυκλοφοριακή σύγχυση στο σημείο εκείνο. Η παράνομη στάση και στάθμευση, τα διπλοπαρκαρίσματα, η χρήση κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της οδήγησης, τα μηχανάκια που προσπερνάνε ανάμεσα από τα αυτοκίνητα, οι απρόσεκτοι πεζοί κ διάφοροι άλλοι παράγοντες, συντελούν στην αυξημένη κίνηση σε εκείνο το σημείο. Τέλος παρατηρούμε πως στην εκκίνηση το αυτοκίνητο συνήθως είναι σταματημένο. Αυτό συμβαίνει, γιατί ο μετρητής τίθεται σε λειτουργία σε ένα φανάρι, πριν από το μετρό.



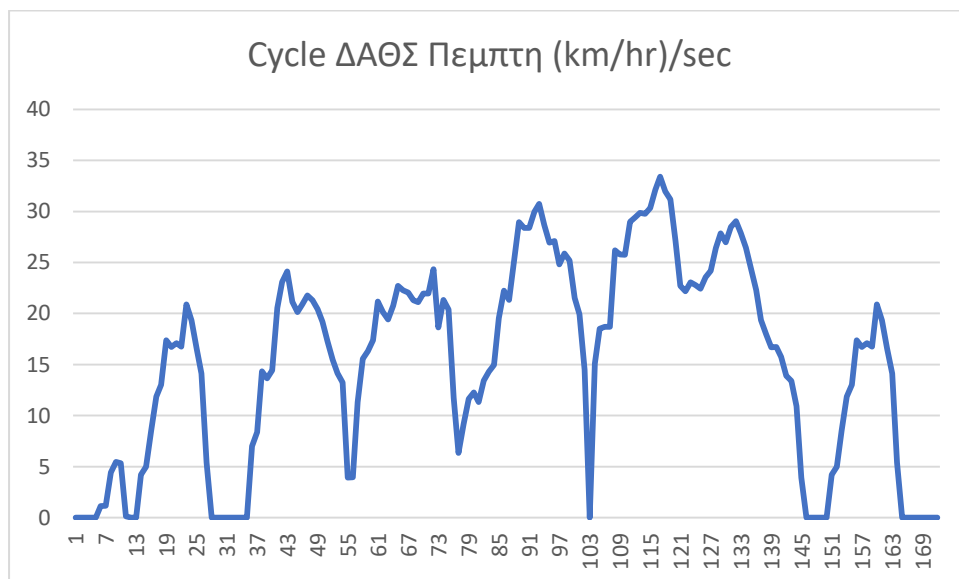
Διάγραμμα 6.16 ΚΟ ΔΑΘΣ για τη μέρα Δευτέρα.



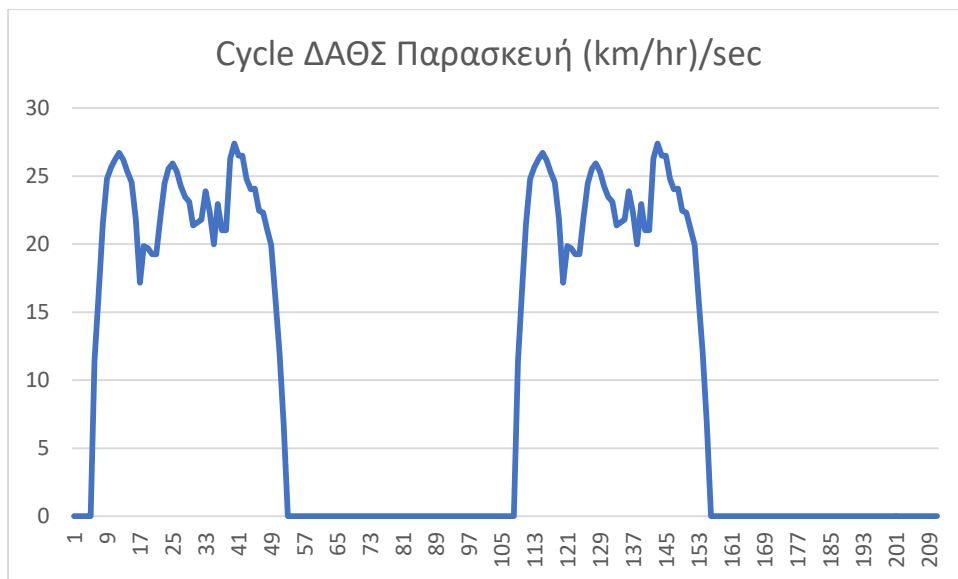
Διάγραμμα 6.17 ΚΟ ΔΑΘΣ για τη μέρα Τριτη.



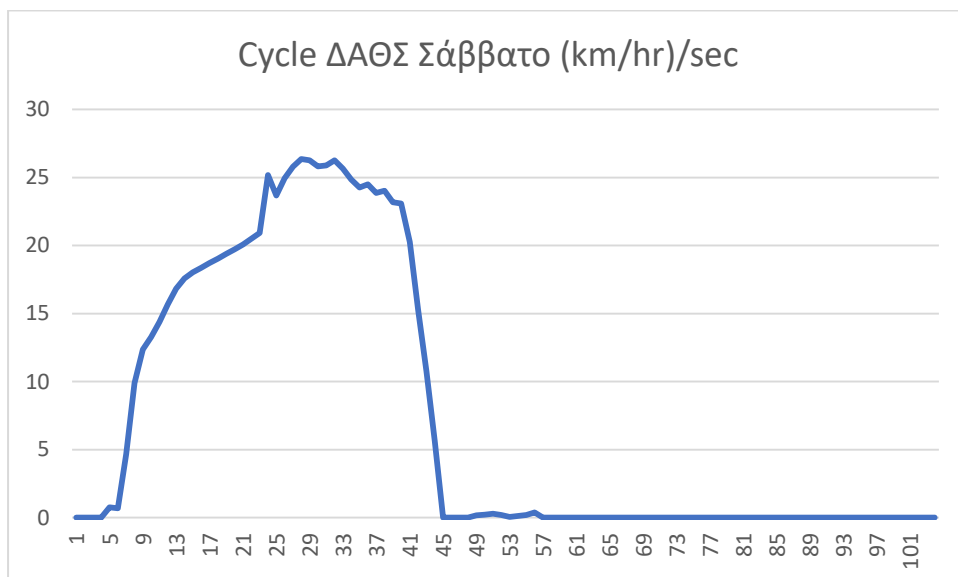
Διάγραμμα 6.18 ΚΟ ΔΑΘΣ για τη μέρα Τετάρτη.



Διάγραμμα 6.19 ΚΟ ΔΑΘΣ για τη μέρα Πέμπτη.



Διάγραμμα 6.20 ΚΟ ΔΑΘΣ για τη μέρα Παρασκευή.



Διάγραμμα 6.21 ΚΟ ΔΑΘΣ για τη μέρα Σάββατο.

ΣΧΟΛΙΑ - ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ Όσον αφορά την ΔΑΘΣ για κάθε μέρα ξεχωριστά, τις καθημερινές μέρες, από Τρίτη έως Πέμπτη, ο χρόνος εύρεσης στάθμευσης είναι μεγαλύτερος. Αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί αν συλλογιστούμε πως οι μετρήσεις έγιναν τους καλοκαιρινούς μήνες που οι περισσότεροι πολίτες φεύγουν από τις πόλεις. Επομένως, τις Παρασκευές και τις Δευτέρες, η εύρεση πάρκινγκ ήταν πιο εύκολη και γρήγορη, αφού πολλοί έλειπαν σε τριήμερο- τετραήμερο διακοπών (Παρασκευή – Δευτέρα).

Γενικά για τα διαγράμματα των κύκλων οδήγησης, καλό είναι να σημειωθεί πως το απότομο ξεκίνημα που μπορεί να παρατηρείται μερικές φορές κατά την εκκίνηση από τη θέση στάσης, οφείλεται στον μετρητή. Η απότομη αύξηση της ταχύτητας από τα 0 στα 15 χλμ ανά ώρα είναι μόνο εικονική, αφού δεν αντιπροσωπεύει την αληθινή αύξηση της ταχύτητας κατά την εκκίνηση. Αυτό ίσως θα μπορούσε να αλλάξει εάν ο μετρητής και το πρόγραμμα ρυθμιζόνταν να μετρούν σε κλάσματα του 1 δευτερολέπτου, αντί για κάθε 1 δευτερόλεπτο. Έτσι, η καμπύλη που θα προέκυπτε θα ήταν ακόμα πιο ομαλή.

6.2. Ανάλυση δεδομένων – Συγκριτικά Διαγράμματα

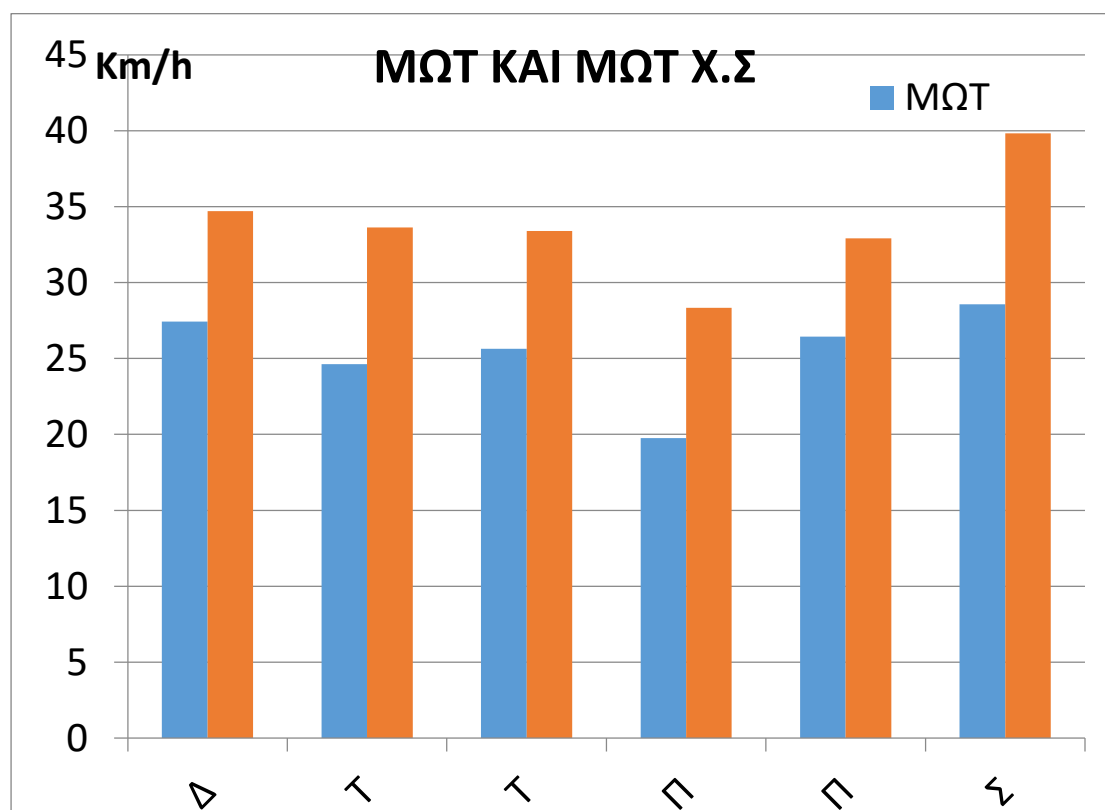
Στα επόμενα διαγράμματα περιγράφονται αναλυτικά σημαντικά στοιχεία όπως :

- η μέση ταχύτητα
- η μέση ταχύτητα χωρίς στάσεις
- η διάρκεια
- το ποσοστό στάσης
- η επιτάχυνση και η
- η επιβράδυνση

6.2.1 Διαγράμματα – Αποτελέσματα

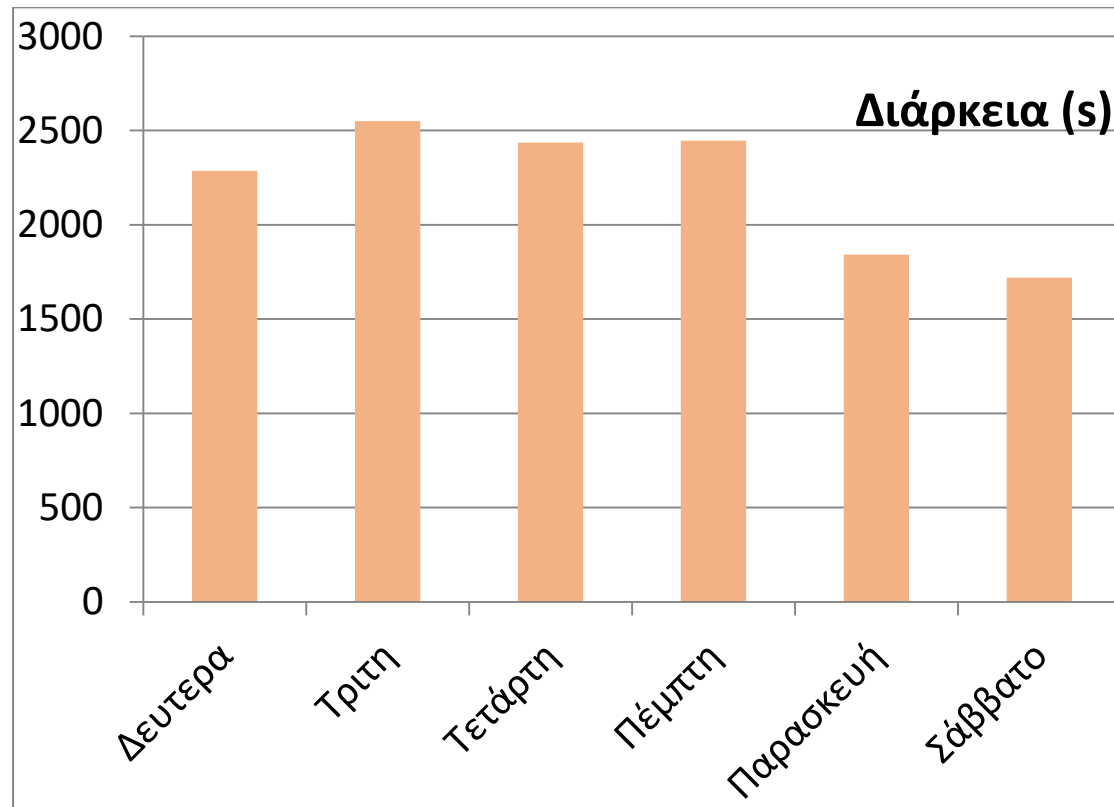
Πίνακας 6.1 Συγκεντρωτικός πίνακας χαρακτηριστικών μεγεθών ΚΟ διαδρομών για τους 3 μήνες συνολικά (Ιούλιος – Σεπτέμβριος), ξεχωριστά για την κάθε ημέρα.

	Δευτερα	Τριτη	Τεταρτη	Πεμπτη	Παρασκευη	Σαββατο
ΜΩΤ(km/hr)	27,43823	24,63805	25,63624	19,74623	26,43756	28,5754
ΜΩΤ ΧΣ(lm/hr)	34,70755	33,63331	33,39981	28,34464	32,92629	39,82957
Acc(m/s ²)	0,5077	0,520366	0,583348	0,635893	0,554074	0,568774
Deccc(m/s ²)	-0,5311	-0,48064	-0,58678	-0,519	-0,51472	-0,5058
%Στάσης	20,94	29,82	24,75	32,44	15,87	21,25
Διάρκεια(sec)	2287	2550	2435	2446	1842	1720



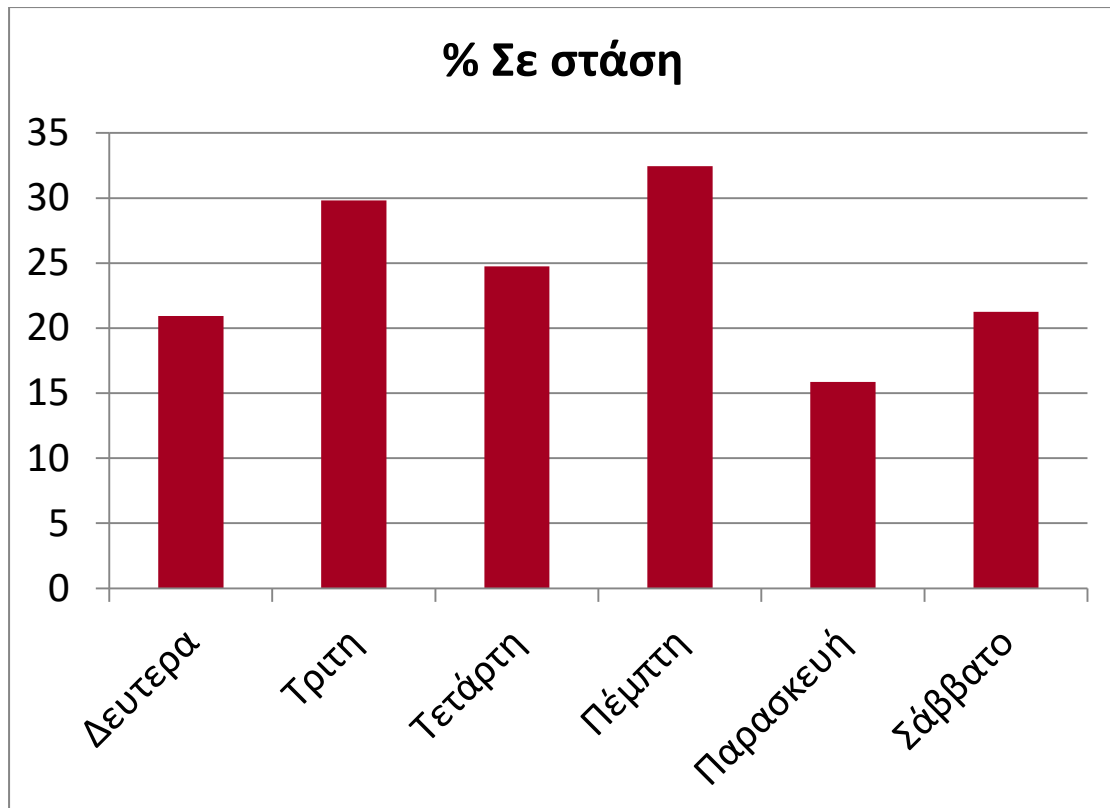
Διαγραμμα 6.22 Η μπλε στήλη απεικονίζει τη ΜΩΤ ενώ η πορτοκαλί τη Μέση Ωριαία Ταχύτητα Χωρίς Στάση.

Οι διαφορές που παρουσιάζονται μεταξύ των 2 είναι λογικές, αφού το όχημα αναπτύσσει μεγαλύτερη μέση ωριαία ταχύτητα όταν δεν είναι σταθμευμένο. Επιπλέον, είναι φανερό ότι το Σάββατο αναπτύσσονται μεγαλύτερες ταχύτητες, εφόσον δεν υπάρχει ιδιαίτερη κίνηση, λόγω ημέρας αλλά και καλοκαιρινής περιόδου. Την Δευτέρα και την Παρασκευή παρατηρούνται επίσης σχετικά μεγάλες ωριαίες ταχύτητες κι αυτό δικαιολογείται εάν ληφθεί υπόψιν το γεγονός ότι πολλοί κάτοικοι, επιλέγουν να φύγουν 4ήμερη ή 3ήμερη εκδρομή στην εξοχή, κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Τέλος, η μεγάλη διαφορά της ΜΩΤ με τη ΜΩΤ Χ.Σ τα Σάββατα, οφείλεται σε απότομη αύξηση της ταχύτητας κατά την εκκίνηση μετά από κάθε στάση.



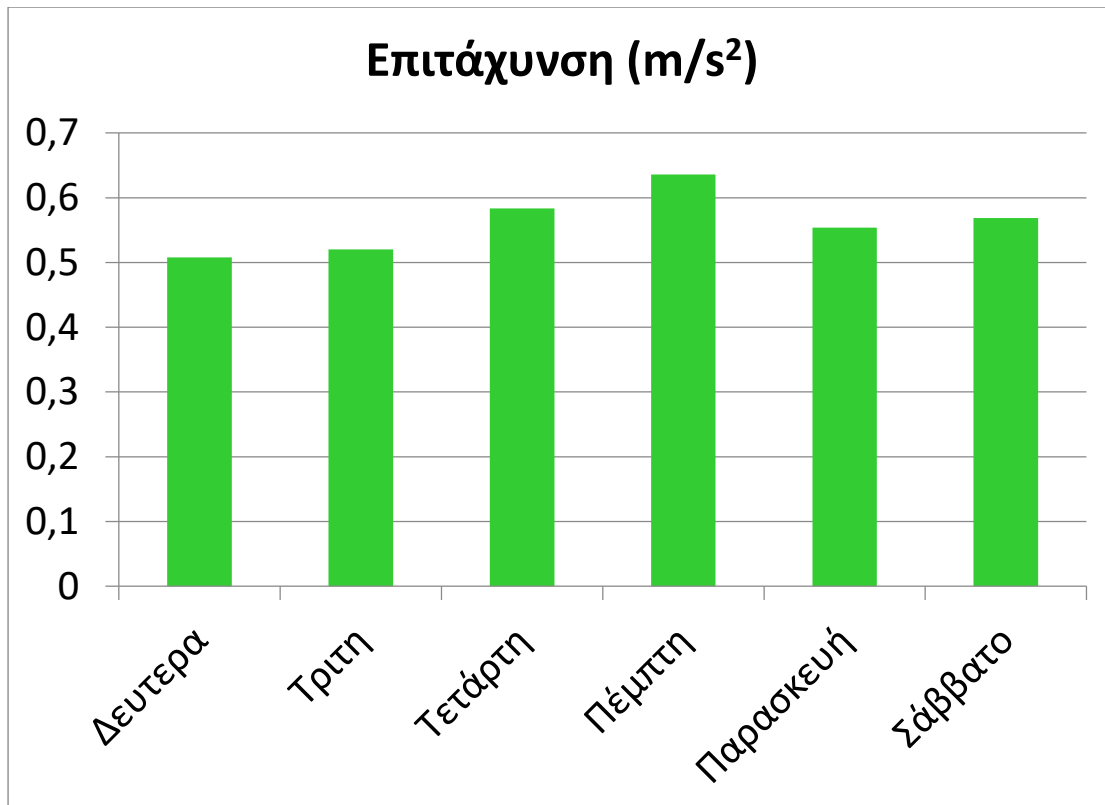
Διάγραμμα 6.23 Διάρκεια ΚΟ για τους 3 μήνες συνολικά

Από το παραπάνω διάγραμμα, μπορεί να σημειωθεί πως η μικρότερη διάρκεια του κύκλου, παρατηρείται το Σάββατο και την Παρασκευή, αφού η κίνηση στους δρόμους τότε είναι μειωμένη. Την Τρίτη και την Πέμπτη, όταν τα καστήματα είναι ανοιχτά και οι περισσότεροι κάτοικοι βρίσκονται στην πόλη και όχι σε διακοπές, η διάρκεια του κύκλου είναι μεγαλύτερη.

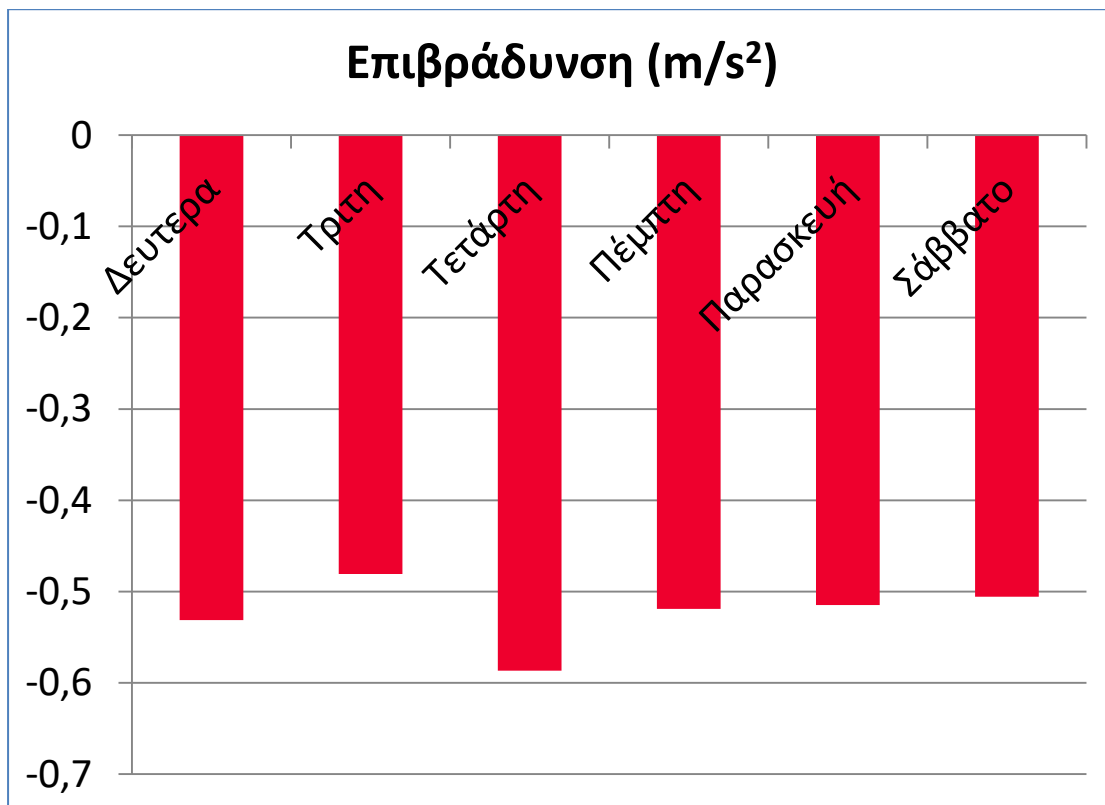


Διάγραμμα 6.24 %Ποσοστό Στάσης για τους 3 μήνες συνολικά, ανά ημέρα

Όσον αφορά το ποσοστό στάσης, την Τρίτη και την Πέμπτη είναι αυξημένο, γεγονός που δικαιολογείται με βάση και τα προηγούμενα σχόλια. Δηλαδή γίνεται και πάλι φανερό ότι τις δύο αυτές μέρες υπάρχει αυξημένη κίνηση και γι' αυτό και το αυτοκίνητο παραμένει σε στάση για αρκετή ώρα. Από την άλλη μεριά, επιβεβαιώνεται και πάλι ότι την Παρασκευή έως και τη Δευτέρα υπάρχει λιγότερη κίνηση, αφού το αυτοκίνητο παραμένει για περισσότερη ώρα σε στάση.



Διάγραμμα 6.25 Επιτάχυνση του οχήματος για τους 3 μήνες συνολικά, ανά ημέρα.



Διάγραμμα 6.26 Επιβράδυνση του οχήματος για τους 3 μήνες συνολικά, ανά ημέρα.

Από τα διαγράμματα της επιτάχυνσης και της επιβράδυνσης, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι αυτή παραμένει περίπου στα ίδια επίπεδα. Το συμπέρασμα αυτό είναι

εύλογο, αφού σε ένα αστικό περιβάλλον δεν υπάρχουν περιθώρια για ακραίες αυξομειώσεις της ταχύτητας. Η μεγαλύτερη επιβράδυνση σημειώνεται την Τετάρτη, ενώ η μεγαλύτερη επιτάχυνση την Πέμπτη.

6.3 Παρατηρήσεις – Συζήτηση αποτελεσμάτων

6.3.1 Σχόλια και Παρατηρήσεις αποτελεσμάτων

Η γραφική παράσταση Μ.Ω.Τ Χωρίς Στάσεις ανά ημέρα :

Το διάγραμμα αυτό περιγράφει την συνεχόμενη κίνηση και παρατηρούμε ότι οι τιμές των ταχυτήτων είναι ελαφρώς πιο αυξημένες και φτάνουν ως και τα 35km/h τις εργάσιμες ημέρες. Όσον αφορά το Σαββατοκύριακο και εδώ οι τιμές είναι αυξημένες λόγω μειωμένης κίνησης και αγγίζουν κατά μέσο όρο τα 40 km/h. Οι τιμές αυτές προκύπτουν αν αφαιρέσουμε όλες τις μηδενικές ταχύτητες από την σειρά μετρήσεων, δημιουργώντας έτσι μια συνεχόμενη εν κινήσει διαδρομή.

Γραφική παράσταση του ποσοστού στάσης ανά ημέρα :

Το ποσοστό στάσης προκύπτει από το πλήθος των μηδενικών ταχυτήτων κατά την διάρκεια της κάθε διαδρομής. Τις χρονικές στιγμές δηλαδή που το αυτοκίνητο είναι εντελώς ακίνητο, είτε λόγω κάποιου φωτεινού σηματοδότη είτε επειδή υπάρχει κυκλοφοριακή συμφόρηση. Παρατηρούμε πόσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό τις Τρίτες και τις Πέμπτες, δηλαδή 2 εργάσιμες μέρες, στη μέση της εβδομάδας, όταν τα μαγαζιά είναι ανοιχτά.

Γραφική παράσταση επιτάχυνσης και επιβράδυνσης ανά ημέρα :

Οι τιμές της επιτάχυνσης προκύπτουν από την αφαίρεση δύο συνεχόμενων σημείων ταχύτητας σε μονάδες m/sec. Αφαιρούμε δηλαδή την δεύτερη τιμή από την πρώτη. Αν ο αριθμός που θα προκύψει είναι θετικός, τότε μιλάμε για επιταχυνόμενη κίνηση. Αν όμως ο αριθμός είναι αρνητικός τότε πρόκειται και επιβράδυνση.

6.3.2 Σύγκριση με άλλους, ήδη υπάρχοντες Κύκλους οδήγησης

Παρακάτω παρουσιάζεται ένας συγκριτικός πίνακας ορισμένων κύριων χαρακτηριστικών του ΚΟ που δημιουργήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία με άλλων, ήδη θεσμοθετημένων και μη, υπάρχοντων ΚΟ.

Για να γίνει αυτό, αρχικά υπολογίστηκαν κάποια κύρια χαρακτηριστικά του αντιπροσωπευτικού ΚΟ, συνολικά και για τους 3 μήνες με βάση τις διαδρομές που έγιναν στην περιοχή της Αθήνας.

Πίνακας 6.2 Σύγκριση των βασικότερων χαρακτηριστικών παραμέτρων μεταξύ των κυριότερων θεσμοθετημένων ΚΟ και της αντιπροσωπευτικής διαδρομής.

	Αντ/κη Διαδρομή	GUDC	ADC2002	NEDC	Artemis Urban	ECE- 15	Hong Kong	FTP-75	NYCC
Διάρκεια(s)	2330	1175	1160	1180	993	195	1548	1874	599
ΜΩΤ (km/hr)	27,58	18,67	20,21	33,6	17,65	18,4	25	34,1	11,4
ΜΩΤ ΧΣ (l/m/hr)	35,82	27,31	27,17	44,8	24,66	26,5	30,4	41,6	17,9
%Στάσης	23,43	31,66	25,6	25,42	28,4	30,8	17,8	17,9	36,2
Acc(m/s ²)	0,6	0,69	0,66	0,72	0,73	0,64	0,59	0,6	0,71
Φάσεις#	10	20	16	13	22	3	11	22	10

Όπως γίνεται αντιληπτό από τον παραπάνω πίνακα, όπου γίνεται μια παράθεση των χαρακτηριστικών- παραμέτρων των κυριότερων θεσμοθετημένων Κ.Ο παγκοσμίως, η μέση ταχύτητα της αντιπροσωπευτικής διαδρομής κρίνεται πάνω από το μέσο όρο, μιλώντας πάντα για αστικό περιβάλλον. Επίσης, το ποσοστό στάσης βρίσκεται κοντά στο μέσο όρο, ενώ η επιτάχυνση στα ίδια επίπεδα για όλους τους ΚΟ. Τέλος, ο αριθμός των φάσεων που είναι 10 και η διάρκεια του συνολικού κύκλου οδήγησης που είναι 2330 sec, οδηγεί στο συμπέρασμα πως ο εν λόγω κύκλος μπορεί να θεωρηθεί αντιπροσωπευτικός και να χρησιμοποιηθεί για περαιτέρω συγκρίσεις και μελέτες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 Συμπεράσματα – Προτάσεις

7.1 Συμπεράσματα

Παρακάτω παρουσιάζονται τα συμπεράσματα, από το πειραματικό μέρος καθώς και από το σύνολο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Ένα πρώτο συμπέρασμα για τον τρόπο κίνησης στην πόλη της Αθήνας, είναι ότι κατά τη διάρκεια των μετρήσεων στις συγκεκριμένες διαδρομές, η κίνηση αρχικά ήταν συνεχόμενη χωρίς πολλές διακοπές από φανάρια ή από κυκλοφοριακό φόρτο. Αυτό συνέβαινε συνήθως στην Ιερά οδό, όπου κατά γενική ομολογία τους καλοκαιρινούς μήνες δεν υπήρχε πολύ κίνηση. Στη συνέχεια, οι αυξομειώσεις της ταχύτητας και ο χρόνος ακινησίας, αντιστοιχούν στο κέντρο της Αθήνας και ειδικότερα στη λεωφόρο Αλεξάνδρας, όπου ακόμα και τον Αύγουστο είχε συγκριτικά με τους υπόλοιπους δρόμους αυξημένη κίνηση. Επίσης, η γενική ροή των οχημάτων δεν κρίνεται “επιθετική” λόγω μη ακραίων μέσων τιμών σε μέγιστες ταχύτητες και επιταχύνσεις.

Η διάρκεια του Κύκλου Οδήγησης για την Αθήνα αλλά και για άλλες πόλεις θα πρέπει να αντιπροσωπεύει τη μέση καθημερινή διαδρομή των πολιτών (50 λεπτά περίπου). Στην περίπτωση μας έγινε καταγραφή συγκεκριμένων διαδρομών στις πιο κεντρικές οδικές αρτηρίες της πόλης, για μια πρώτη προσέγγιση ενός αντιπροσωπευτικού προφίλ για την πόλη της Αθήνας. Εδώ επισημαίνεται, ότι ο συγκεκριμένος κύκλος αναπτύχθηκε με βάση δεδομένα από την διαδρομή Αιγάλεω – ΕΜΠ και πίσω, άρα μπορεί να αποδώσει με σχετική ακρίβεια ένα προφίλ της εν λόγω διαδρομής. Περισσότερες καταγραφές από διάφορες περιοχές της αθήνας, σε συνδυασμό με τη μέση διάρκεια της καθημερινής διαδρομής των πολιτών, θα δώσει έναν πιο αντιπροσωπευτικό και κατ’ επέκταση πιο ρεαλιστικό Κύκλο Οδήγησης για την Αθήνα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση της νέας τεχνολογίας, που χρησιμοποιήθηκε και στην παρούσα εργασία ή και ακόμα πιο εξελιγμένες όπως ενσωματωμένα στα οχήματα συστήματα εντοπισμού, μέτρηση εκπομπών CO₂, ακριβής ένδειξη κατανάλωσης καυσίμου. Οι τεχνολογίες αυτές μπορούν να αυξήσουν ακόμη περισσότερο την αποτελεσματικότητα και να δώσουν πλήθος περαιτέρω δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

Επιπλέον, κάποια γενικά συμπεράσματα από τη συνολική έρευνα είναι τα εξής :

- Οι κύκλοι οδήγησης ερευνοούνται και μετατρέπονται συνεχώς με την κατάλληλη εκσυγχρονισμένη τεχνολογία για το καλύτερο αποτέλεσμα.
- Οι προδιαγραφές για τις εκπομπές ρύπων διαφέρουν από χώρα σε χώρα, είτε σε επίπεδο έγκρισης τύπου, είτε σε επίπεδο περιοδικού ελέγχου (ΚΤΕΟ).
- Η δημιουργία Κύκλων Οδήγησης <<real world>> καθίσταται επιτακτική, με σκοπό τη συμμόρφωση στις ευρωπαϊκές προδιαγραφές και τα όρια ρύπων.

- Η χρήση των <<real world>> Κ.Ο, είναι επιβεβλημένη, ακόμα και σε τοπικό επίπεδο, προκειμένου να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα για την εξάλειψη των επιπτώσεων της ρύπανσης λόγω των οδικών μετακινήσεων και κατά συνέπεια να βελτιωθεί το επίπεδο ζωής στις τοπικές κοινωνίες.

7.2 Προτάσεις

Με βάση τα παραπάνω συμπεράσματα, μπορούν να γίνουν κάποιες προτάσεις είτε για περαιτέρω έρευνα είτε για βελτίωση του βιωτικού επιπέδου και την προστασία του περιβάλλοντος.

1. Αρχικά, είναι αναγκαίο να αυξηθεί το πλήθος των μετρήσεων σε επόμενες μελέτες ώστε να γίνει πιο “ρεαλιστικό” το προφίλ της πόλης συμπεριλαμβάνοντας βελτιώσεις και στο πρόγραμμα matlab, όπως διαχωρισμός προφίλ ανά περιοχή και ανά ώρα κ.α. Ένα επιπλέον ζήτημα που χρήζει αντιμετώπισης, είναι οι απότομες μεταβολές ταχύτητας που παρατηρούνται κατά την εκκίνηση του οχήματος. Αυτές οφείλονται στην συχνότητα λήψης των μετρήσεων (ανα 1 sec) καθώς και στην ακρίβεια του GPS. Ακόμη, οι μετρήσεις που έγιναν είναι ικανοποιητικές όσον αφορά το χρόνο, αφού προσεγγίζουν τη τιμή της μέσης διάρκειας που χρειάζεται ο κάθε πολίτης για τις οδικές του μετακινήσεις γενικότερα. Επομένως, με ένα ικανό αριθμό μετρήσεων σε διάφορες άλλες περιοχές της Αθήνας, είναι εφικτό να γίνει μια εμπειριστατωμένη σύγκριση βάση περιοχών.
2. Με την εκπόνηση του Κ.Ο της Αθήνας και με τη χρήση δυναμομετρικής εξέδρας πλαισίου, είναι εφικτό να εξαχθούν συμπεράσματα για τη κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές αερίων που εκλύονται στην πόλη. Τέτοιες πιστοποιημένες εξέδρες, οι οποίες είναι απαραίτητες για την διεξαγωγή έγκυρων μετρήσεων υπάρχουν δύο στην Ελλάδα, μια στο Ελληνικό και μια στο Α.Π.Θ. Έτσι, είναι δυνατόν ακόμη και σε τοπικό επίπεδο να σχηματισθεί μια ολοκληρωμένη εικόνα για το μέγεθος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και κατά συνέπεια να ληφθούν αποφάσεις για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής.

Συνοψίζοντας, για περαιτέρω έρευνα προτίνονται τα παρακάτω:

- ✓ συμπληρωματική έρευνα με βελτιώσεις στο πρόγραμμα Matlab όπως εξέλιξη του προγράμματος επεξεργασίας κύκλων ώστε να γίνεται εξομάλυνση της ταχύτητας εκκίνησης και διαχωρισμός προφίλ με διάφορα κριτήρια (π.χ. ανά περιοχή, ανά οδό, ανά ώρα κ.α.), ανάπτυξη παρόμοιων λογισμικών, μετρήσεις σε διαφορετικές περιοχές, μετρήσεις κατά τη χειμερινή περίοδο
- ✓ μελέτες για συγκεκριμένες διαδρομές, τεχνοοικονομική μελέτη για σύγκριση κατανάλωσης καυσίμου αυτοκινήτου
- ✓ χρήση ΜΜΜ μετρό, τραμ, λεωφορείο και συγκριτική τεχνοοικονομική μελέτη για το αν συμφέρει περισσότερο από τη χρήση αυτοκινήτου για συγκεκριμένες διαδρομές (study case για φοιτητές- εργαζομένους ΕΜΠ – σύγκριση χρόνου, κόστους, εκπομπής ρύπων)
- ✓ χρήση ΚΟ για εκτίμηση εκπομπής ρύπων σε δυναμομετρική εξέδρα και σύγκριση ανά περιοχές
- ✓ χρήση ΚΟ για έρευνες πάνω στην οδηγική συμπεριφορά, την κατανάλωση καυσίμου και εκπομπή ρύπων με βάση αυτή (μοντέλο αυτοκινήτου που βρίσκεται στη σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ)

- ✓ ΔΑΘΣ και σε άλλες περιοχές , με χρήση εφαρμογής σε smartphone, φιλική προς το χρήστη (π.χ έρευνα σε δείγμα 100 οδηγών)

Αφού δημιουργηθούν κύκλοι οδήγησης για συγκεκριμένες περιοχές, και γίνουν οι μετρήσεις στη δυναμομετρική εξέδρα, η κατάσταση εκπομπής ρύπων και κατανάλωσης καυσίμου μπορεί πλέον να είναι ελεγχόμενη. Κάποιες λύσεις – προτάσεις για τη μείωση αυτών είναι:

- ✓ Προώθηση χρήσης Μέσων Μαζικής Μεταφοράς & Πεζών Μετακινήσεων, ποδηλάτων και γενικότερα η ενθάρρυνση εναλλακτικών τρόπων μεταφορών (car pooling, bla- bla car)
- ✓ δημιουργία ανοιχτού παρκινγκ, πεζοδρομήσεις, ποδηλατόδρομοι
- ✓ Προώθηση ηλεκτρικών, υβριδικών και γενικά “καθαρών” - οικολογικών οχημάτων (αντιρρυπαντικής τεχνολογίας)
- ✓ Διαφήμιση οικολογικής και ταυτόχρονα οικονομικής οδήγησης.
- ✓ περιβαλλοντικοί περιορισμοί κυκλοφορίας (Πράσινος Δακτύλιος), σε ζώνες ωρών αιχμής
- ✓ άλλοι περιορισμοί κυκλοφορίας αναλόγως τον κυκλοφοριακό φόρτο της ώρας/μέρας αιχμής (π.χ μονοδρομήσεις, ρύθμιση φωτεινών σηματοδοτών, δημιουργία νέων δρόμων)
- ✓ Περιβαλλοντικά τέλη κυκλοφορίας που θα ισχύουν για όλες τις κατηγορίες οχημάτων (Ι.Χ., δίκυκλα, φορτηγά κτλ.).
- ✓ Τακτικός έλεγχος κάρτας καυσαερίων από τους αρμόδιους φορείς.
- ✓ Γρήγορος εκσυγχρονισμός του στόλου των οχημάτων (κυρίως στην επαρχία όπου κυκλοφορούν πολύ παλιά αυτοκίνητα που επιβαρύνουν το περιβάλλον)
- ✓ αποφυγή χρήσης κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση, που αυξάνει την πιθανότητα ατυχημάτων

Όλα αυτά μπορούν να επιτευχθούν με την αξιοποίηση της τεχνολογίας, μέσω έξυπνων προτάσεων πολεοδομικού και συγκοινωνιακού σχεδιασμού -smart cities- . Η δημιουργία smartcities⁵³, οι οποίες διαθέτουν την κατάλληλη τεχνολογία και οργάνωση για να συντονίζουν όλες τις παραπάνω ενέργειες, οδηγούν τελικά στο να ζούμε όλοι σε μια ανθρώπινη κοινωνία, όπου κύριο μέλημα θα είναι η προστασία, ασφάλεια και ο σεβασμός τόσο προς τους πολίτες της όσο και προς το περιβάλλον του πλανήτη- Γη που τους φιλοξενεί.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Περιβαλλοντική επιστήμη.Ι.Ζιώμας,Αθήνα 2007

[2] W.H.O ,Health Topics,Air Polution(http://www.who.int/topics/air_pollution/en/)

[3] Anthony J. McMichael ,(Ιαν. 2000), Bull World Health Organ vol.78 n.9 Genebra Department of Epidemiology and Population Health, London School of Hygiene and Tropical Medicine

[4] Dobbins R.A 1979:Atmospheric Notion and air Polution,John Wiley and sons.p.324

- [5] Lap.physics.auth.gr/pms/upload/WEB-POLLUTION.DOC
- [6] http://www.kee.gr/perivallontiki/teacher8_2.html
- [7] archivehealth.in.gr › health
- [8] <http://www.physics.ntua.gr/~papayannis/Articles%20for%20tamex/PMs-TSI.pdf>
- [9] European Union emission inventory report 1990–2009 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP) / Box ES.1. The main air pollutants and their effects on human health and the environment (<http://www.eea.europa.eu/publications/eu-emission-inventory-report-1990-2009/box-es.1.-the-main-air>)
- [10] Ν. ΖΑΡΑΓΚΟΥΛΙΑ, ΓΡ. ΠΑΠΑΜΙΧΕΛΑΚΗ (1986). « TURBO, ΡΥΠΑΝΣΗ» εκδ. ΦΟΙΒΟΣ, Αθήνα σελ.138
- [11] Derwent, D Derwent, D, Forsberg, B, Amann M., WHO (2008): Health Risks of Ozone from Longrange Transboundary Air Pollution eBook ISBN: 9289042907 Print ISBN: 9289042893
- [12] <https://www.eea.europa.eu/el/themes/air/intro>
- [13] <http://www.iatropedia.gr/eidiseis/atmosfairiki-rypansi-sok-apo-to-posous-skotonei-kathe-chrono-metra-prolipsis/52060/>
- [14] Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=708>
- [15] iceal.wikidot.com/atmosfairiki-rypansi]
- [16] ΜΚ Πετράκης, Εσπερίδα Ecocity, 30/5/2005, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης. (2005). “Η Ατμοσφαιρική Ρύπανση στην Αττική”. (<http://www.ecocity.gr/uploaded/files/static/Petrakis.ppt>)
- [16] European Commission (EC): Biofuels in the European Union. A vision for 2030 and beyond, KI-NA-22066-EN-C, 2006.
- [17] Ε.Τζιράκης (2007) “Συσχετισμός εκπομπών με φυσικοχημικές ιδιότητες των καυσίμων και με δεδομένα από την κίνηση των οχημάτων στο λεκανοπέδιο της Αττικής”. ΕΜΠ
- [18] D. Gruden, (2003), “Traffic and Enviroment”
- [19] https://www.autotriti.gr/data/news/preview_news/H-Renault-bazei-telos-sto-diesel_137334.asp
- [20] <https://const4ntinos.com/2012/10/19/%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%AE%CE%B6%CE%B5%CE%BB-%CF%85%CF%80%CE%AC%CF%81%CF%87%CE%B5%CE%B9-%CE%BC%CE%AD%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CE%BD/>
- [21] [http://okeanis.lib.puas.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/2769/triantafyllou%20%20%20%20%20%20%20%20%202016%20\(1\).pdf?sequence=1](http://okeanis.lib.puas.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/2769/triantafyllou%20%20%20%20%20%20%20%20%202016%20(1).pdf?sequence=1)
- [22] <http://www.econews.gr/2014/12/19/ydrogono-fcv-toyotamirai-119602/>
- [23] J. Fenger , O. Hertel, F. Zissis Samaras, Spencer Sorensen, “ Urban Air Pollution - European Aspects “ σελ 81]

[24] Τζιράκης Ε. Διδακτορική Διατριβή (2007). «Συσχετισμός Εκπομπών με Φυσικοχημικές Ιδιότητες των Καυσίμων και με Δεδομένα από την Κίνηση των Οχημάτων στο Λεκανοπέδιο». Κεφάλαιο 3ο ,σελ 82-83

[25] http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/fuel/documentation_en.html

[26] Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Institut Français du Pétrole (IFP)

[27] [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2017/598612/EPRS_BRI\(2017\)598612_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2017/598612/EPRS_BRI(2017)598612_EN.pdf)

Κεφάλαιο 4

[28] Καρβούνης Σωτ., και Γεωργακέλλος Δημ. (2005).” Διαχείριση του Περιβάλλοντος – Επιχειρήσεις και Βιώσιμη Ανάπτυξη.” εκδ. Α. Σταμούλης.

[29] Κ.Πίτσας (2003)”Τεχνικός έλεγχος οχημάτων, Κύκλοι οδήγησης και Ατμοσφαιρική ρύπανση” ΕΜΠ

[30] Michel André ,Robert Joumard ,Robert Vidon ,Patrick Tassel ,Pascal Perret,(2006), “Real-world European driving cycles, for measuring pollutant emissions from high- and low-powered cars”.

[31] M. Andre , report INRETS-LTE 0411,(Ιούνιος 2004),”Real world driving cycles for measuring cars pollutant emissions-Part A The ARTEMIS European driving cycles”

[32] M Andre,(1996), “Driving cycles development: characterization of methods”

[33] Χρήστος Ξιούρας. Ιούνιος 2011. Περιβαλλοντική και Ενεργειακή αξιολόγηση Νέων τεχνολογιών οχημάτων στο Λεκανοπέδιο της Αττικής .pp.17

[34] P.D Haan,. and M.Keller. Final Report (Μαρτιος. 2001). "Real-world driving cycles for emission measurement: ARTEMIS and Swiss cycles"

[35] E. Tzirakis, K. Pitsas, F. Zannikos and S. Stournas. (2006). “Vehicle Emissions and Driving Cycles: Comparison of the Athens Driving Cycle (ADC) with ECE-15 and European Driving cycle (EDC).

[36] Nyberg, Peter.: Evaluation, Generation and Transformation of D.C.s_PhD_1669_PN. ISBN 978-91-7519-065- ISSN 0345-75245 (2015)

[37] http://www.dieselnet.com/standards/cycles/ece_eudc.php

[38] EPA 400-F-93-005 U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY OFFICE OF MOBILE SOURCES FACT SHEET, OMS-(16 July, 1994), High-Tech Inspection and Maintenance Tests (<http://www.epa.gov/oms/consumer/16-hitec.pdf>)

[39] E. Ericsson, (2000), “The relationship between vehicular fuel consumption and exhaust emission and the characteristics of driving patterns’

[40] EPA Home Transportation and Air Quality Emission Standards Reference Guide Light-Duty Vehicles and Trucks and Motorcycles EPA Federal Test Procedure (FTP) (<http://www.epa.gov/oms/standards/light-duty/ftp.htm>) 61 Transportpolicy, Emission Test Cycles, North America, Light Vehicles, FTP-75 (<http://transportpolicy.net/index.php?title=US: Light-duty: FTP-75>)

- [41] Luc Pelkmans, Dirk De Keukeleere, Hans Bruneel and Guido Lenaers Vito, Society of Automotive Engineers, 2001., "Influence of Vehicle Test Cycle Characteristics on Fuel Consumption and Emissions of City Buses", Flemish Institute for Technological Research http://virtual.vtt.fi/virtual/amf/pdf/annex17_paper_2001_sae.pdf
- [42] <http://www.car-engineer.com/the-different-driving-cycles/>
- [43] <http://www.opel.gr/tools/wltp-drivingcycle-fuelconsumption.html>
- [44] WLTP-DHC-06-03e WLTC* methodology Proposed by Japan (Reviewed by UK, JRC and Mr. Steven) DHC group under GRPE/WLTP informal group (*) WLTC : Worldwide harmonized Light duty driving Test Cycle 11~12 (Ιανουάριος 2011) Palais des Nations, Geneva (<http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2011/wp29grpe/WLTP-DHC-06-03r1e.pdf>)
- [45] WLTP-DHC-05-05 WLTC* Construction, Proposed by Japan, GRPE/WLTP-IG/ DHC subgroup, (14 Οκτωβρίου 2010)
- [46] http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/dmlindex_gr/dmlindex_gr?OpenDocument
- [47] Evangelos Tzirakis, Fanourios Zannikos, (August 2014), "Development of processing methodologies used to form complete driving-cycle dynamometer tests based on urban on-road driving and road gradient data"
- [48] Zhang Xiao, Zhao Dui-Jia, Shen Jun-Min.: A Synthesis of Methodologies and Practices for Developing. International Conference on Future Energy, Environment, and Materials. Energy Procedia 16, 1868 – 1873 (2012)
- [49] Shuming Shi, Nan Lin, Yan Zhang, Jingmin Cheng, Chaosheng Huang, Li Liu, Bingwu Lu.: Research on Markov property analysis of driving cycles and its applications. Transportation Research Part D 47, 171–181 (2016)
- [50] Fotouhi A., Montageri-Gh M.: Tehran driving cycle development using the kmeans clustering method. Scientia Iranica A 20 (2), 286–293 (2013)
- [51] Justin D. K. Bishop, Colin J. Axon, Malcom D. McCulloch.: A robust, data-driven methodology for real-world driving cycle development. Transportation Research Part D 17, 389–397 (2012)
- [52] R. Gunther, T. Wenzel, M. Wegner, R. Rettig: Big data driven dynamic driving cycle development for busses in urban public transportation. Transportation Research Part D 51, 276-289 (2017)
- [53] Lazarina Gianakopoulou : "Smartcities", 2016, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών