

«ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙ - ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΟΜΑΔΩΝ ΣΤΑ ΤΕΙ (ΕΕΟΤ)»

1.1.1.1 ΙΔΡΥΜΑ (Φορέας Υλοποίησης) : ΤΕΙ Σερρών

ΤΜΗΜΑ: Μηχανολογίας

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ: Αναστάσιος Μωϋσιάδης

1.1.1.2 ΘΕΜΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ: **Μελέτη της επίδρασης ειδικών λιπαντικών και καυσίμων στις εκπομπές και τις επιδόσεις πετρελαιοκίνητων οχημάτων.**

2 Πακέτο Εργασίας 2

Διερεύνηση της επίδρασης του συνδυασμού ειδικού λιπαντικού και ειδικού καυσίμου.

Γεώργιος Φονταράς, Παναγιώτης Πιστικόπουλος, Ζήσης Σαμαράς, Γεώργιος Μήλτσιος,
Αναστάσιος Μωϋσιάδης

Νοέμβριος 2006

Περίληψη

Η εργασία αυτή εκπονήθηκε στα πλαίσια του Προγράμματος ΕΠΕΑΕΚ Αρχιμήδης ΙΙ. Στόχος της ήταν η θεωρητική και πειραματική διερεύνηση της δυνατότητας χρήσης του βαμβακελαίου και των μιγμάτων του με συμβατικό καύσιμο ντίζελ ως καυσίμων κινητήρων έναυσης με συμπίεση καθώς και η αξιολόγηση της επίδρασης ειδικών συνθετικών λιπαντικών στις εκπομπές ρύπων και στην απόδοση του οχήματος. Στο παρόν τεύχος περιγράφονται η έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί στα πλαίσια του πακέτου εργασίας 2 (Π.Ε.2) καθώς και κάποιες συμπληρωματικές εργασίες που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια του πακέτου εργασίας 1 (Π.Ε.1) οι οποίες δεν περιλαμβάνονταν στις συμβατικές υποχρεώσεις του Π.Ε.1 και για τον λόγο αυτόν δεν είχαν συμπεριληφθεί στην έκθεση προόδου του Π.Ε.1.

Στα πλαίσια του Προγράμματος, ειδικό συνθετικό λιπαντικό χαμηλής τριβής καθώς και ειδικό καύσιμο (μίγμα βαμβακελαίου – καυσίμου ντίζελ 10%) εφαρμόστηκαν σε πραγματικό όχημα. Για την αξιολόγηση της επίδρασής τους στη λειτουργία του οχήματος πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις εκπομπών αερίων ρύπων, κατανάλωσης καυσίμου και ισχύος του κινητήρα. Στο κείμενο αυτό παρατίθενται και στοιχεία σχετικά με τις μεθόδους που ακολουθήθηκαν και ακολουθεί σύντομη ανάλυση και σχολιασμός των αποτελεσμάτων των μετρήσεων.

Περιεχόμενα

1	<i>Εισαγωγή.....</i>	4
2	<i>Δομή Προγράμματος.....</i>	5
3	<i>Μετρήσεις.....</i>	7
3.1	<i>Μεθοδολογία.....</i>	7
3.2	<i>Νομοθετημένες εκπομπές και κατανάλωση καυσίμου.....</i>	9
3.3	<i>Μη νομοθετημένες σωματιδιακές εκπομπές.....</i>	12
4	<i>Ελαστικότητα του κινητήρα.....</i>	15
5	<i>Σχολιασμός αποτελεσμάτων.....</i>	16
6	<i>Συμπληρωματικές δραστηριότητες Π.Ε.1.....</i>	17
6.1	<i>Νομοθετημένες εκπομπές και κατανάλωση καυσίμου.....</i>	17
6.2	<i>Μη νομοθετημένες σωματιδιακές εκπομπές.....</i>	24
6.3	<i>Ελαστικότητα του κινητήρα.....</i>	29
6.4	<i>Οπτική Επιθεώρηση του Κινητήρα.....</i>	30
6.5	<i>Σύνοψη – Συμπεράσματα Π.Ε.1 επικαιροποιημένα.....</i>	36
7	<i>Παράρτημα.....</i>	38

3 Εισαγωγή

Το θέμα της έκθεσης αυτής είναι η αξιολόγηση του βαμβακελαίου ως καυσίμου κινητήρων έναυσης με συμπίεση (κινητήρων Diesel), η αξιολόγηση συνθετικών λιπαντικών χαμηλής τριβής καθώς και του συνδυασμένου αποτελέσματός τους. Για την επίτευξη των παραπάνω πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε πραγματικό όχημα για την αξιολόγηση της επίδρασης των καυσίμων και των λιπαντικών στην κατανάλωση καυσίμου και στις εκπομπές ρύπων του οχήματος, νομοθετημένες και μη. Η έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος Αρχιμήδης ΙΙ του ΕΠΕΑΕΚ με χρηματοδότηση από το Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων και την ΕΕ.

Σύμφωνα με το έντυπο υποβολής του Υποέργου η ερευνητική δραστηριότητα που περιγράφεται στην έκθεση αυτή εντάσσεται στην πρώτη φάση της όλης διαδικασίας και ειδικότερα στο πακέτο εργασίας 2 (**Π.Ε.2**) και συμπληρωματικά στο Π.Ε.1. Κατά τη φάση αυτή πραγματοποιήθηκαν τα πακέτα εργασίας Π.Ε.1 και Π.Ε.2 τα οποία περιλαμβάνουν το μεν πρώτο αλλαγή του λιπαντικού και γήρανσή του για να μελετηθεί η επίδρασή του στην απόδοση του κινητήρα και στις εκπομπές (**Π.Ε.1**) το δε δεύτερο αλλαγή και του καυσίμου για να μελετηθεί η συνδυασμένη επίδραση λιπαντικού και καυσίμου (**Π.Ε.2**). Για λόγους οι οποίοι παρουσιάζονται αναλυτικά στην πρώτη έκθεση προόδου του Προγράμματος (Π.Ε.1), κατά την εξέλιξη των ερευνητικών δραστηριοτήτων αποφασίσθηκε να προηγηθεί η χρήση του ειδικού καυσίμου, αντί του ειδικού λιπαντικού. Για τους λόγους αυτούς στην παρούσα έκθεση προόδου παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του Π.Ε.2 καθώς και ορισμένες συμπληρωματικές δραστηριότητες του Π.Ε.1 οι οποίες αν και δεν προδιαγράφονται στο τεύχος ανάθεσης κρίθηκαν αναγκαίες για την συνολική επιστημονική πληρότητα της ερευνητικής προσπάθειας. Τέλος πρέπει να επισημανθεί πως η πρωτοτυπία, αλλά και η επιστημονική αρτιότητα, της μέχρι τώρα προσπάθειας πιστοποιούνται και από την αποδοχή μιας σχετικής εργασίας στο **διεθνές συνέδριο «FISITA 2006 World Automotive Congress»** το οποίο θα λάβει χώρα στη Γιοκοχάμα της Ιαπωνίας καθώς και την δημοσίευση αυτής στα πρακτικά του συνεδρίου.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι μετρήσεις αναλυτικά και παρατίθενται στοιχεία σχετικά με τις μεθόδους που ακολουθήθηκαν. Ακολουθεί σύντομη ανάλυση και σχολιασμός των αποτελεσμάτων των μετρήσεων.

4 Δομή Προγράμματος

Η μελέτη αυτή αποτελεί συνέχεια του προγράμματος το οποίο παρουσιάστηκε στο πρώτο παραδοτέο τεύχος (Π.Ε.1) και έχει ως στόχο την εμπάθυση στις δυνατότητες χρήσης βαμβακελαίου ως καυσίμου κινητήρων ντίζελ αλλά και την επίδραση συνθετικών λιπαντικών χαμηλής τριβής στη λειτουργία και τις εκπομπές ρύπων πραγματικών οχημάτων. Στο πρώτο σκέλος του προγράμματος πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις τόσο των ιδιοτήτων των πειραματικών καυσίμων όσο και των επιπτώσεών τους στις εκπομπές πραγματικού οχήματος. Παράλληλα πραγματοποιήθηκε εκτεταμένη εφαρμογή των καυσίμων αυτών –για 20000χλμ περίπου- σε πραγματικό όχημα ντίζελ. Τα βασικά συμπεράσματα τα οποία προέκυψαν από το πρώτο σκέλος του προγράμματος αποτελούν τη βάση της συνέχειας που παρουσιάζεται στο παρόν κείμενο και συνοψίζονται στα εξής:

- Μίγματα καυσίμου ντίζελ – βαμβακελαίου περιεκτικότητας έως 10% σε βαμβακέλαιο πληρούν τις νομοθετημένες προδιαγραφές για καύσιμα κινητήρων ντίζελ.
- Η χρήση των πειραματικών καυσίμων για 20000 χλμ δεν είχε καμία αρνητική επίδραση στη λειτουργία και τις επιδόσεις του κινητήρα.
- Συνολικά η χρήση του βαμβακελαίου δεν επηρέασε τη λειτουργία του κινητήρα σε ό,τι αφορά τις εκπομπές ρύπων. Οι εκπομπές ρύπων οι οποίες μετρήθηκαν μετά το πέρας του προγράμματος υπό συμβατικό καύσιμο κυμάνθηκαν στα ίδια ακριβώς επίπεδα με τις μετρήσεις προ της εφαρμογής των πειραματικών καυσίμων. Δεν παρουσιάστηκαν μεταβολές στη λειτουργία του καταλυτικού μετατροπέα του οχήματος εξαιτίας της χρήσης του βαμβακελαίου.

Με βάση την εμπειρία που αποκτήθηκε προδιαγράφηκαν τα ακόλουθα βήματα τα οποία αποτελούν και τον κορμό της ερευνητικής προσπάθειας που παρουσιάζεται εδώ:

- Εφαρμογή μίγματος βαμβακελαίου – καυσίμου diesel – πρόσθετου σε αυτοκίνητο σύγχρονης τεχνολογίας με σύστημα έγχυσης Common Rail. Μελέτη της επίδρασης του καυσίμου στη λειτουργία αλλά και τις εκπομπές σύγχρονων οχημάτων.
- Συνέχιση της χρήσης πειραματικών καυσίμων στο πειραματικό όχημα για την καλύτερη μελέτη πιθανών μακροπρόθεσμων επιπτώσεων των καυσίμων.

Παράλληλα με την εμπάθυση στη χρήση των πειραματικών καυσίμων και σύμφωνα με τις δραστηριότητες που περιγράφονται στο Τεχνικό Δελτίο του Υποέργου η έρευνα επεκτάθηκε στην μελέτη σύγχρονων συνθετικών λιπαντικών χαμηλού ιξώδους και τη διερεύνηση της δυνατότητάς τους να περιορίσουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα των οχημάτων αυξάνοντας την απόδοση του κινητήρα. Η επιλογή των λιπαντικών αυτών έγινε με γνώμονα την βαρύνουσα σημασία που έχει αποκτήσει ο περιορισμός της κατανάλωσης καυσίμου αλλά και των εκπομπών CO₂ σε εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο. Έτσι, τόσο τα εξεταζόμενα καύσιμα όσο και τα λιπαντικά έχουν ως κοινό χαρακτηριστικό την δυνατότητα εξοικονόμησης καυσίμου και κατ' επέκταση εκπομπών CO₂ και γι αυτό η

συνδυασμένη μελέτη τους έχει μεγάλο ενδιαφέρον. Έχοντας υπόψη τα παραπάνω καταρτίστηκε το ακόλουθο πρόγραμμα μετρήσεων:

- Επιλογή και ροντάρισμα πειραματικού οχήματος υπό συμβατικό λιπαντικό και καύσιμο
- Πραγματοποίηση μετρήσεων αερίων εκπομπών, κατανάλωσης καυσίμου και επιδόσεων αναφοράς
- Εφαρμογή συνθετικού λιπαντικού, ροντάρισμα για 1000χλμ
- Πραγματοποίηση μετρήσεων αερίων εκπομπών, κατανάλωσης καυσίμου και επιδόσεων υπό συνθετικό λιπαντικό
- Εφαρμογή πειραματικών καυσίμων, ροντάρισμα 1500χλμ
- Πραγματοποίηση μετρήσεων αερίων εκπομπών, κατανάλωσης καυσίμου και επιδόσεων υπό συνθετικό λιπαντικό και πειραματικό καύσιμο
- Συστηματική χρήση με στόχο τη μελέτη της επίδρασης της μακροπρόθεσμης εφαρμογής πειραματικών καυσίμων αλλά και της γήρανσης του λιπαντικού
- Ενδιάμεση πραγματοποίηση διαφόρων μετρήσεων ελέγχου

Στην παρούσα φάση έχουν πραγματοποιηθεί όλες οι βασικές μετρήσεις τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται παρακάτω, ενώ είναι σε εξέλιξη το πρόγραμμα συστηματικής χρήσης και οι μετρήσεις ελέγχου. Τα δύο τελευταία δεν αποτελούν συμβατικές υποχρεώσεις του Υποέργου, αλλά πραγματοποιούνται για την καλύτερη πληρότητα της έρευνας. Τα συνολικά αποτελέσματα θα παρουσιασθούν αργότερα.

5 Μετρήσεις

Με βάση τα αποτελέσματα του πρώτου σκέλους του προγράμματος ως πειραματικό καύσιμο επιλέχθηκε μίγμα βαμβακελαίου – καυσίμου ντίζελ με βελτιωτικό πρόσθετο το οποίο εφαρμόστηκε σε πραγματικό όχημα Renault Laguna 1.9 τεχνολογίας Common Rail. Για το πειραματικό καύσιμο πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις εκπομπών αερίων ρύπων σύμφωνα με το νομοθετημένο κύκλο οδήγησης, διαδικασία αλλά και επιπρόσθετες μετρήσεις σε κύκλους οδήγησης που προσομοιώνουν κίνηση σε αληθινό δρόμο. Στόχος των μετρήσεων ήταν να πιστοποιηθεί ότι τα συγκεκριμένα καύσιμα δεν έχουν αρνητικές επιδράσεις στις εκπομπές ρύπων. Υπενθυμίζεται ότι η συνθήκη αυτή είναι αναγκαία για τη σύννομη χρήση ενός βιοκαυσίμου, σύμφωνα με τις προβλέψεις της οδηγίας 2003/30/EK.

Εκτός των πειραματικών καυσίμων επιλέχθηκε και πραγματοποιήθηκε εφαρμογή ειδικού συνθετικού λιπαντικού χαμηλής τριβής ώστε να μελετηθεί η δυνατότητα περιορισμού των εκπομπών CO₂ αλλά και των νομοθετημένων ρύπων μέσω της χρήσης τέτοιων λιπαντικών. Σημειώνεται ότι η χρήση τέτοιων λιπαντικών χρήζει ιδιαίτερης προσοχής διότι μπορεί να συμβάλει στον περιορισμό των εκπομπών θερμοκηπίου από οχήματα σε σχετικά χαμηλό κόστος, αλλά και σύντομο χρονικό διάστημα, χωρίς την ανάγκη περαιτέρω μηχανικών παρεμβάσεων στον κινητήρα του οχήματος.

5.1 Μεθοδολογία

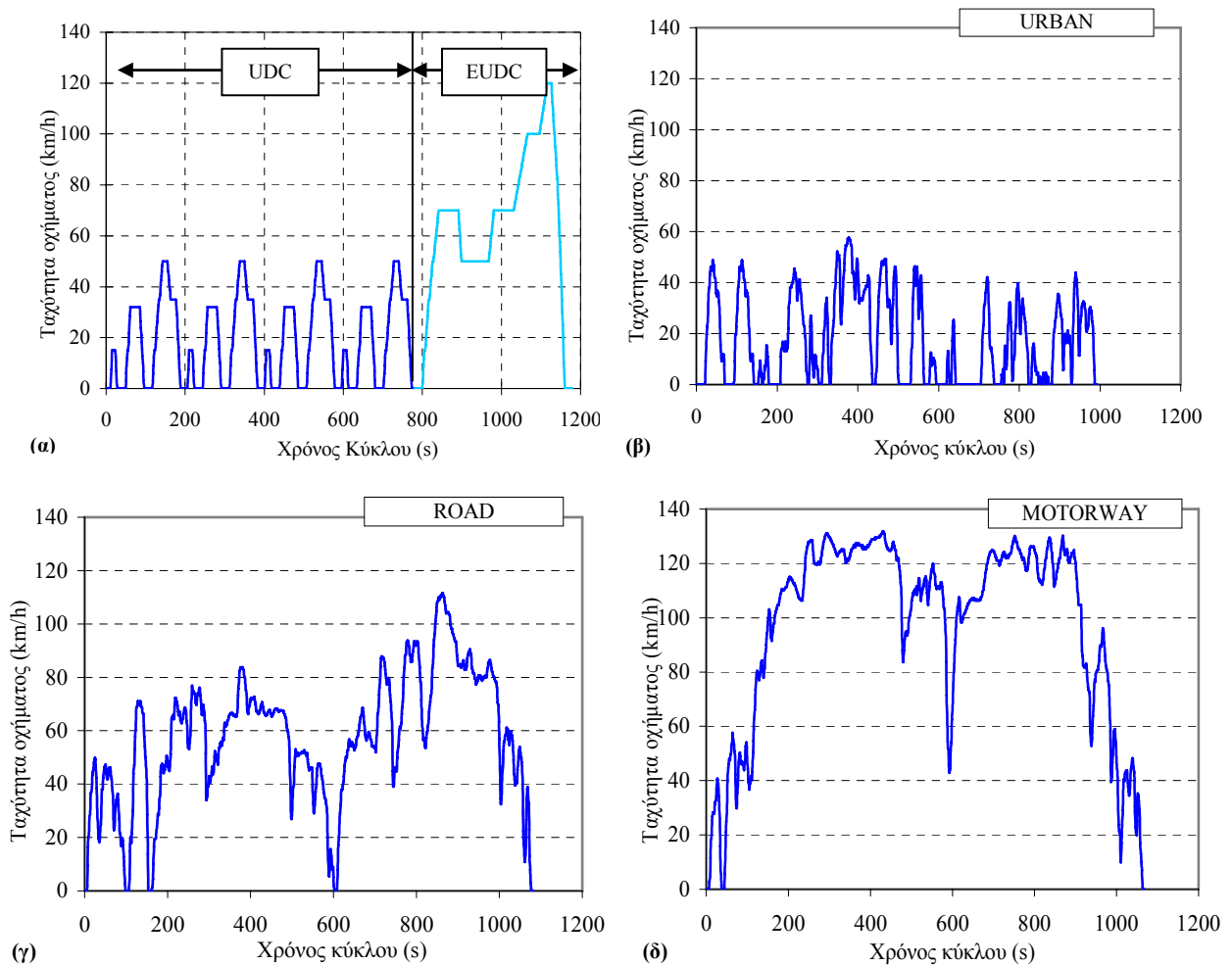
Το όχημα που χρησιμοποιήθηκε ήταν ένα Renault Laguna κατασκευής 1997 που φέρει κινητήρα diesel, απευθείας έγχυσης με υπερπληρωτή (TDi), κλάσης εκπομπών Euro, και τεχνολογίας common rail (υψηλής πίεσης έγχυσης), η οποία αποτελεί την επικρατούσα τάση στους κινητήρες diesel. Η επιλογή του οχήματος στηρίχθηκε ακόμα στο γεγονός ότι το ΕΕΘ έχει μακρόχρονα μετρητικά δεδομένα των εκπομπών του συγκεκριμένου οχήματος, αλλά και εμπειρία σχετική με τη λειτουργία του κινητήρα.

Το όχημα τροφοδοτήθηκε με μίγμα καυσίμου ντίζελ – βαμβακελαίου περιεκτικότητας 10% σε καύσιμο ντίζελ. Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, η περιεκτικότητα 10% είναι αυτή κατά την οποία πληρούνται όλες οι βασικές νομοθετημένες προδιαγραφές ως προς τις φυσικές ιδιότητες του καυσίμου.

Το συνθετικό λιπαντικό που επιλέχθηκε ήταν λιπαντικό χαμηλού ιξώδους 5W30, όπως προδιαγράφεται από τον κατασκευαστή του οχήματος, και το οποίο επιλέχθηκε σε αντιδιαστολή με το μεγαλύτερου ιξώδους 10W40 συμβατικό λιπαντικό το οποίο χρησιμοποιήθηκε ως αναφορά.

Σε όλες τις περιπτώσεις πραγματοποιήθηκαν δύο επαναλήψεις μετρήσεων των εκπεμπόμενων ρύπων (CO₂, NO_x, HC, CO, σωματίδια), της κατανάλωσης καυσίμου και της

ελαστικότητας του κινητήρα, σύμφωνα με το πρωτόκολλο που παρουσιάζεται στη συνέχεια.



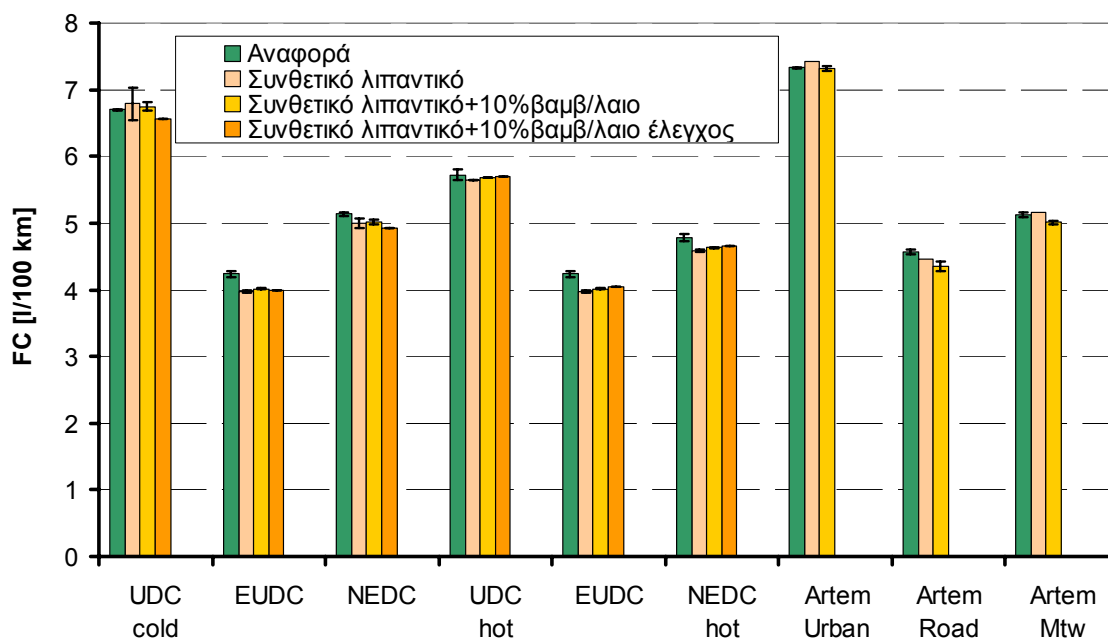
Εικόνα 5-1 Κύκλοι οδήγησης που χρησιμοποιήθηκαν στις μετρήσεις. (α) Νέος Ευρωπαϊκός Κύκλος Οδήγησης (NEDC), (β) Αστικός κύκλος ARTEMIS, (γ) Περιαστικός κύκλος ARTEMIS, (δ) Υπεραστικός κύκλος ARTEMIS

Για την αξιολόγηση του οχήματος αναφορικά με τις εκπομπές ρύπων και την κατανάλωση καυσίμου χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος ολικής δειγματοληψίας και ανάλυσης καυσαερίων. Κατά τη μέθοδο αυτή το εξεταζόμενο όχημα οδηγείται εντός εργαστηρίου σε ειδική εξέδρα προσομοίωσης της κίνησης στον δρόμο (πέδη οχημάτων). Η πέδη οχημάτων προσομοιώνει τόσο τις αεροδυναμικές αντιστάσεις και τις αντιστάσεις τριβής όσο και την αδράνεια του οχήματος με ηλεκτρικά και μηχανικά μέσα. Η ταχύτητα του οχήματος κατά τη δοκιμή ακολουθεί προκαθορισμένη χρονική εξέλιξη που ονομάζεται κύκλος οδήγησης. Για τη χορήγηση έγκρισης τύπου σε οχήματα εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης ο κύκλος οδήγησης που χρησιμοποιείται είναι ο Νέος Ευρωπαϊκός Κύκλος Οδήγησης (NEDC) και παρουσιάζεται στην Εικόνα 5-1α. Ο NEDC διακρίνεται στο αστικό (UDC) και το υπεραστικό (EUDC) τμήμα. Κατά τη διάρκεια της μέτρησης συλλέγεται σε σάκουσ δείγμα αραιωμένου καυσαερίου με σταθερό ρυθμό δειγματοληψίας. Στο τέλος της μέτρησης το δείγμα αναλύεται και προκύπτουν οι συνολικές τιμές των εκπομπών σε g/km.

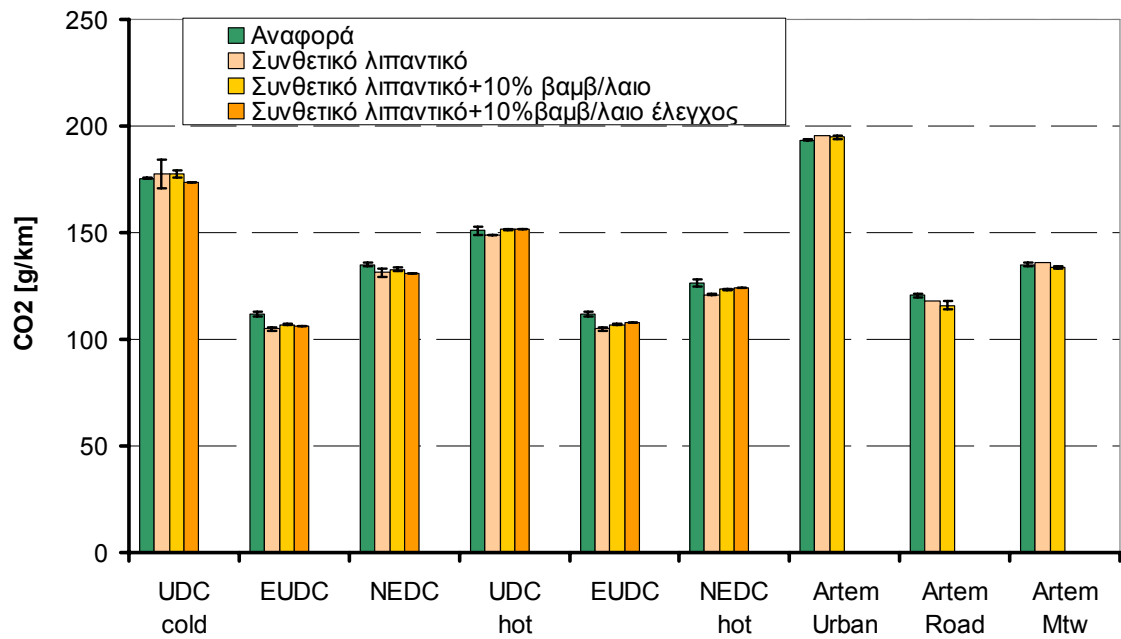
Κύριος στόχος των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν ήταν η ποσοτικοποίηση των εκπομπών αερίων ρύπων του οχήματος, όχι μόνο στις συνθήκες οδήγησης που εφαρμόζονται κατά τη δοκιμή έγκρισης τύπου αλλά και σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν οι κύκλοι οδήγησης Artemis. Οι κύκλοι προσομοιώνουν διαφορετικές συνθήκες κίνησης του αυτοκινήτου σε αστική οδήγηση (URBAN), σε περιαστική οδήγηση (ROAD) που αντιστοιχεί σε κίνηση σε περιφερικό δρόμο μέσης ταχύτητας, και σε υπεραστική οδήγηση (MOTORWAY) που αντιστοιχεί σε κίνηση σε δρόμο ταχείας κυκλοφορίας. Η εξέλιξη της ταχύτητας των κύκλων Artemis παρουσιάζεται στην Εικόνα 5-1 β έως δ. Το συνολικό πρωτόκολλο μέτρησης περιελάμβανε έναν NEDC ψυχρής εκκίνησης, έναν UDC θερμής εκκίνησης και τους τρεις κύκλους Artemis.

5.2 Νομοθετημένες εκπομπές και κατανάλωση καυσίμου

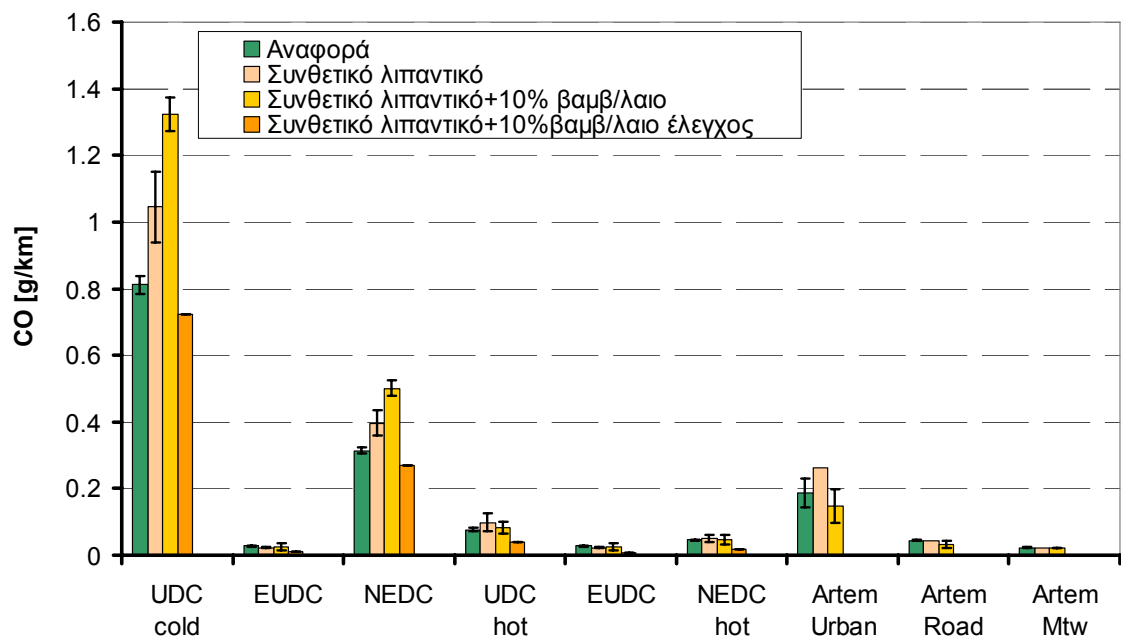
Οι μέσες τιμές και η διασπορά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων παρουσιάζονται στις εικόνες που ακολουθούν. Στο παράρτημα παρατίθενται αναλυτικά τα αποτελέσματα όλων των μετρήσεων



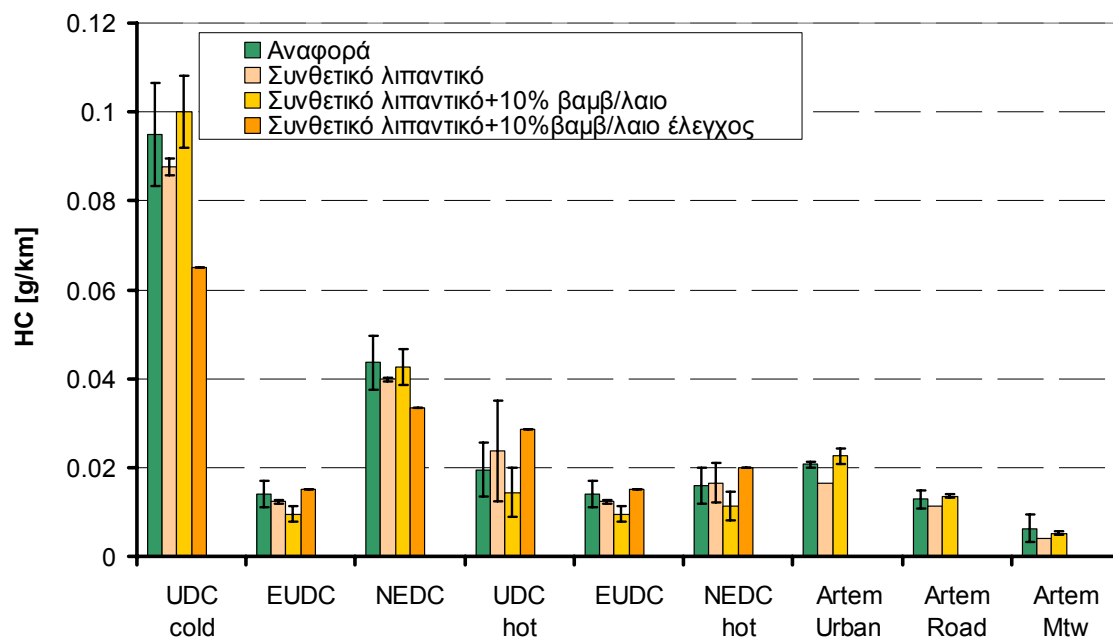
Εικόνα 5-2 Αποτελέσματα μετρήσεων κατανάλωσης καυσίμου



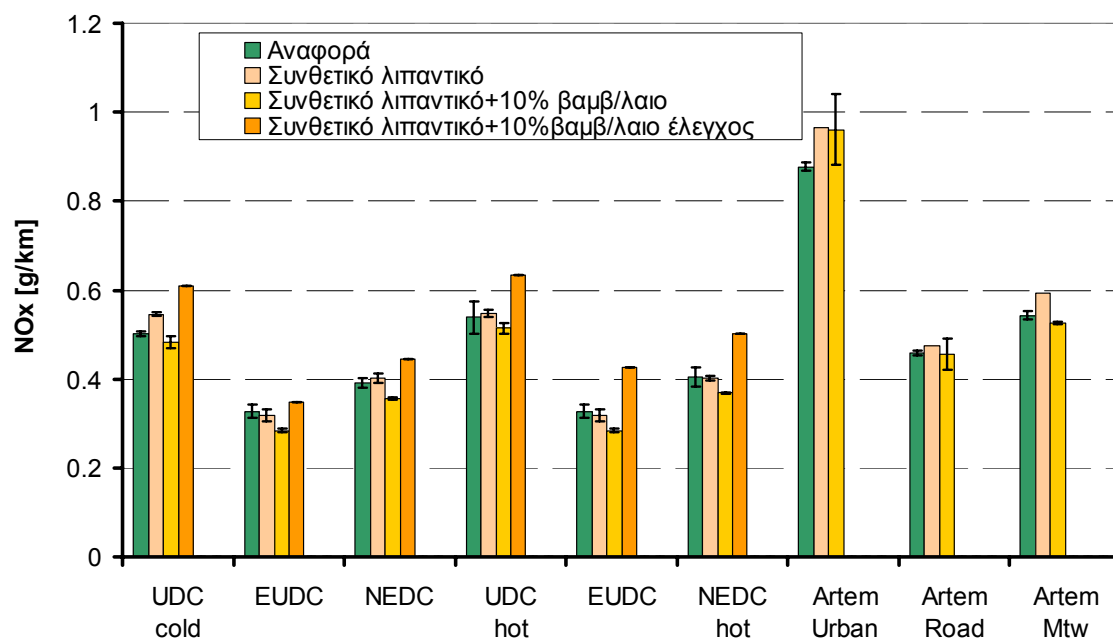
Εικόνα 5-3 Αποτελέσματα μετρήσεων εκπομπών CO₂



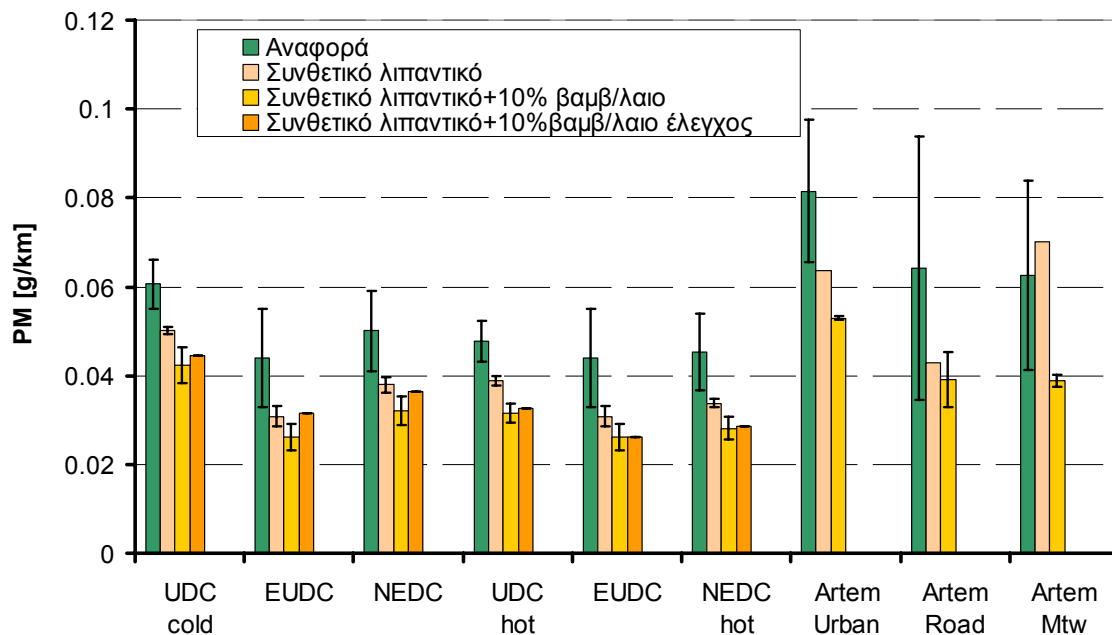
Εικόνα 5-4 Αποτελέσματα μετρήσεων εκπομπών CO



Εικόνα 5-5 Αποτελέσματα μετρήσεων εκπομπών HC



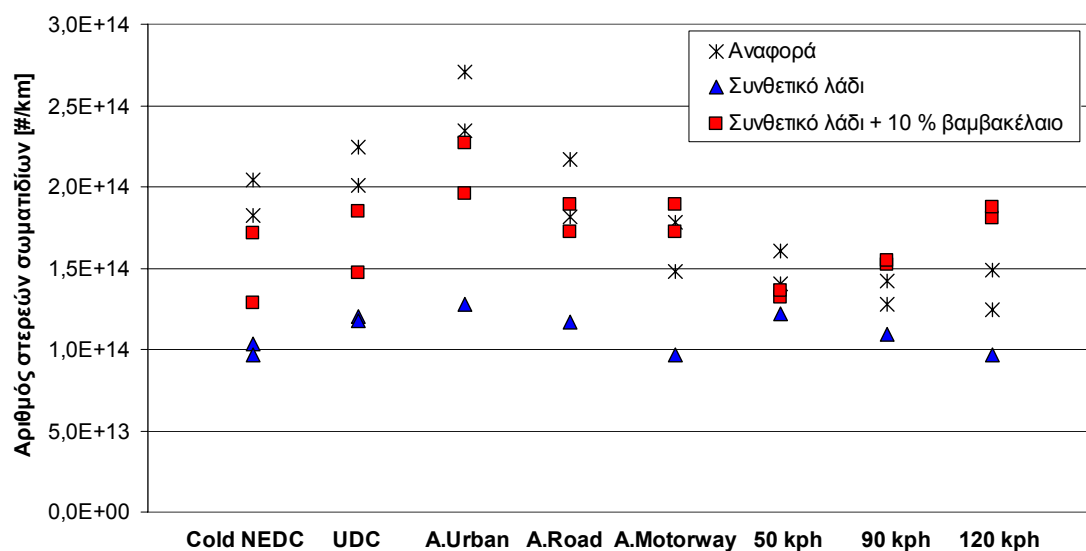
Εικόνα 5-6 Αποτελέσματα μετρήσεων εκπομπών NOx



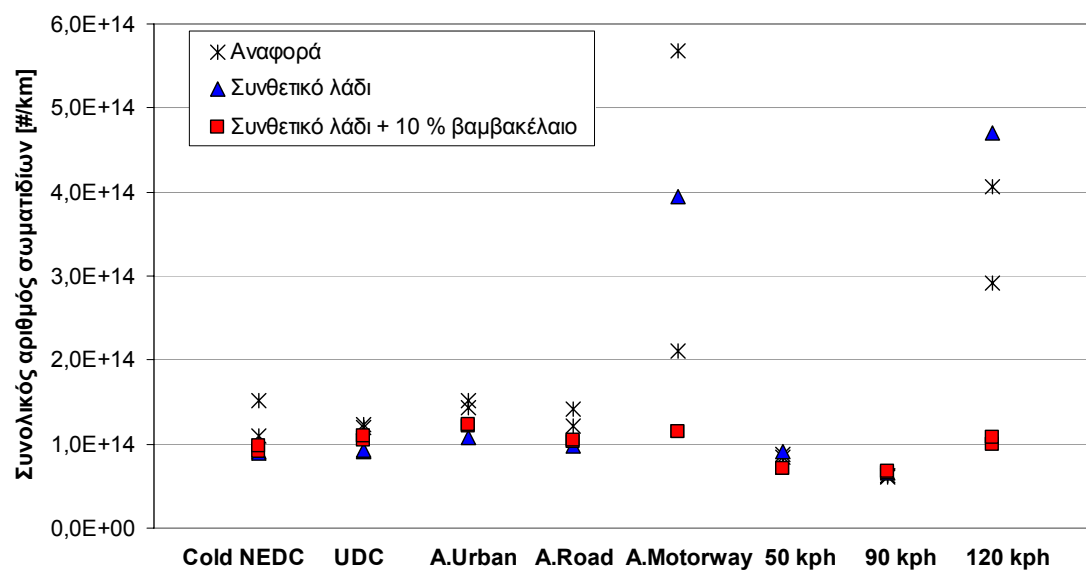
Εικόνα 5-7 Αποτελέσματα μετρήσεων εκπομπών PM

5.3 Μη νομοθετημένες σωματιδιακές εκπομπές

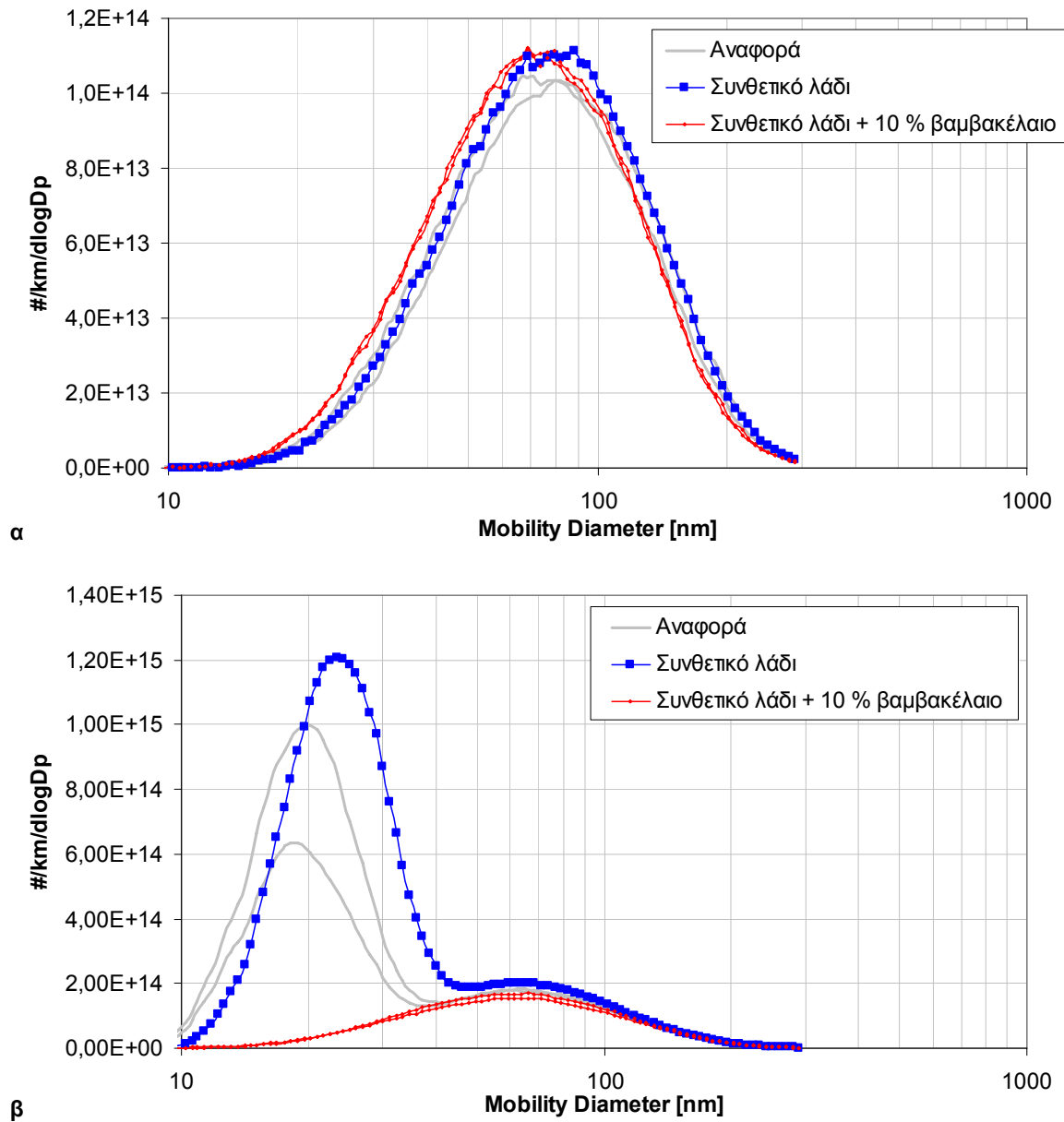
Στις παρακάτω εικόνες παρατίθενται τα αποτελέσματα των μη νομοθετημένων σωματιδιακών εκπομπών. Αυτά περιλαμβάνουν τις εκπομπές συνολικού αριθμού στερεών σωματιδίων, τις εκπομπές συνολικού αριθμού σωματιδίων (Εικόνα 5-9) και κατανομές συνολικού αριθμού σωματιδίων στα 90 και 120 km/h (Εικόνα 5-10). Η διάταξη μέτρησης είναι η ίδια με αυτή που περιγράφεται στο Π.Ε.1. Λόγω του περιορισμένου αριθμού μετρήσεων είναι δύσκολο να προκύψει κάποιο ασφαλές συμπέρασμα για την επίπτωση τόσο του λιπαντικού, όσο και του συνδυασμού λιπαντικού με 10 % βαμβακέλαιο. Αξίζει να σημειωθεί, ωστόσο, ότι σε υπεραστικές συνθήκες οδήγησης (Artemis Motorway, 120 Km/h) και καύσιμο Diesel, σχηματίζονται σωματίδια στην περιοχή πυρήνωσης (< 50 nm), τα οποία οδηγούν σε αύξηση των εκπομπών συνολικού αριθμού σωματιδίων. Η προσθήκη 10% βαμβακελαίου φαίνεται να εμποδίζει το σχηματισμό αυτών των νανοσωματιδίων. Περαιτέρω πειράματα είναι απαραίτητα για την εξαγωγή ασφαλέστερων συμπερασμάτων.



Εικόνα 5-8 : Εκπομπές συνολικού αριθμού στερεών σωματιδίων



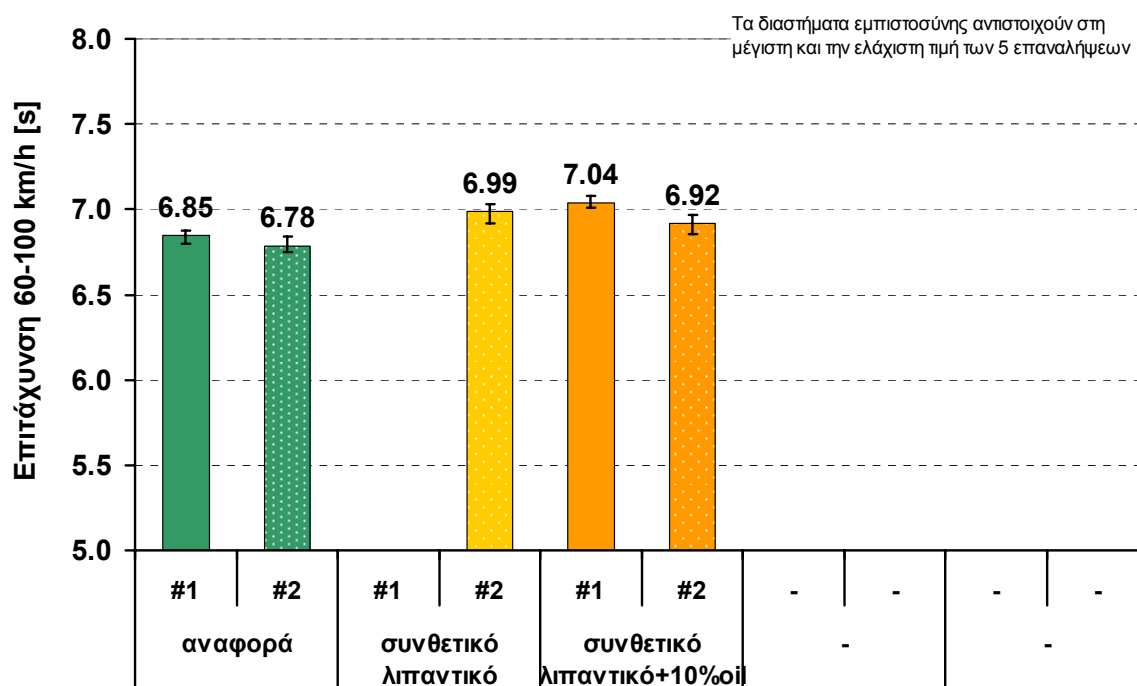
Εικόνα 5-9: Εκπομπές συνολικού αριθμού σωματιδίων



Εικόνα 5-10 : Κατανομές συνολικού αριθμού σωματιδίων στα 90 km/h (α) και 120 km/h (β)

6 Ελαστικότητα του κινητήρα

Για την διερεύνηση της επίδρασης των καυσίμων και των λιπαντικών στην ισχύ του κινητήρα πραγματοποιήθηκαν δοκιμές επιτάχυνσης, ως μέτρο της ελαστικότητας του κινητήρα. Κατά τη δοκιμή επιτάχυνσης το όχημα επιταχύνεται από τα 60km/h στα 100km/h με 4^η ταχύτητα και με τη θέση του επιταχυντή στο μέγιστο (φούλ γκάζι). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στην Εικόνα 6-1.



Εικόνα 6-1 Αποτελέσματα δοκιμών επιταχύνσεων για τα διάφορα καύσιμα/λιπαντικά

7 Σχολιασμός αποτελεσμάτων

Τα στοιχεία τα οποία έχουν συγκεντρωθεί έως τώρα δεν επιτρέπουν τη διεξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων σε ό,τι αφορά την εξέλιξη των εκπομπών αερίων ρύπων αλλά και της κατανάλωσης καυσίμου. Οι διακυμάνσεις που παρατηρούνται βρίσκονται εντός των ορίων ακρίβειας των μετρήσεων και γι αυτό το λόγο περισσότερα δεδομένα είναι απαραίτητα για την διατύπωση ασφαλών συμπερασμάτων. Η ελαφρά τάση μείωσης της σωματιδιακής μάζας η οποία παρατηρείται με τα συνθετικά καύσιμα και λιπαντικά παρουσιάζει μεγαλύτερη συστηματικότητα και, κατ' επέκταση, περαιτέρω μελέτη του φαινομένου έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

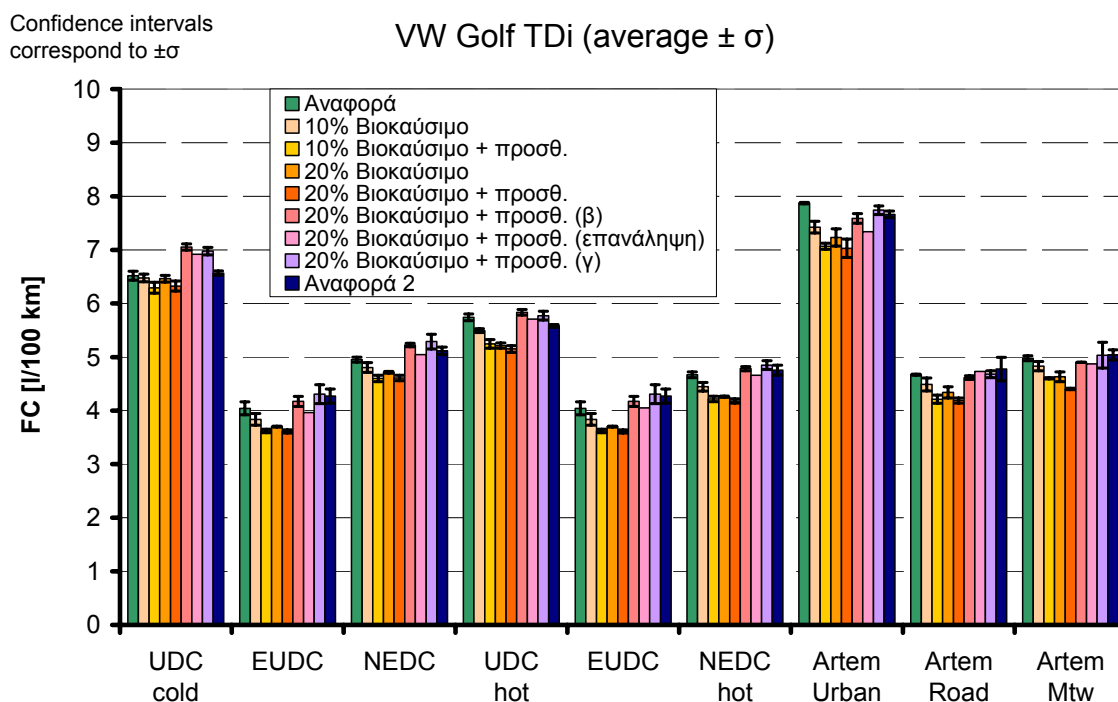
Εντούτοις, πρέπει να επισημανθεί ότι η συνδυασμένη χρήση των πειραματικών καυσίμων και λιπαντικών δεν έχει επιφέρει οποιαδήποτε δυσλειτουργία μέχρι στιγμής στο όχημα. Η παρατήρηση αυτή είναι πολύ σημαντική διότι διευρύνει σημαντικά το πεδίο εφαρμογής τους σε σύγχρονα οχήματα τεχνολογίας common rail, των οποίων τα συστήματα τροφοδοσίας είναι αρκετά ευαίσθητα.

8 Συμπληρωματικές δραστηριότητες Π.Ε.1

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται κάποιες συμπληρωματικές δραστηριότητες και αποτελέσματα τα οποία εντάσσονται στο Π.Ε.1 και τα οποία πραγματοποιήθηκαν μετά την παράδοση της έκθεσης του Π.Ε.1. Οι δραστηριότητες δεν αποτελούν συμβατική υποχρέωση του Υποέργου, αλλά η εκπόνησή τους κρίθηκε αναγκαία για την πληρότητα και την επιστημονική αρτιότητά του.

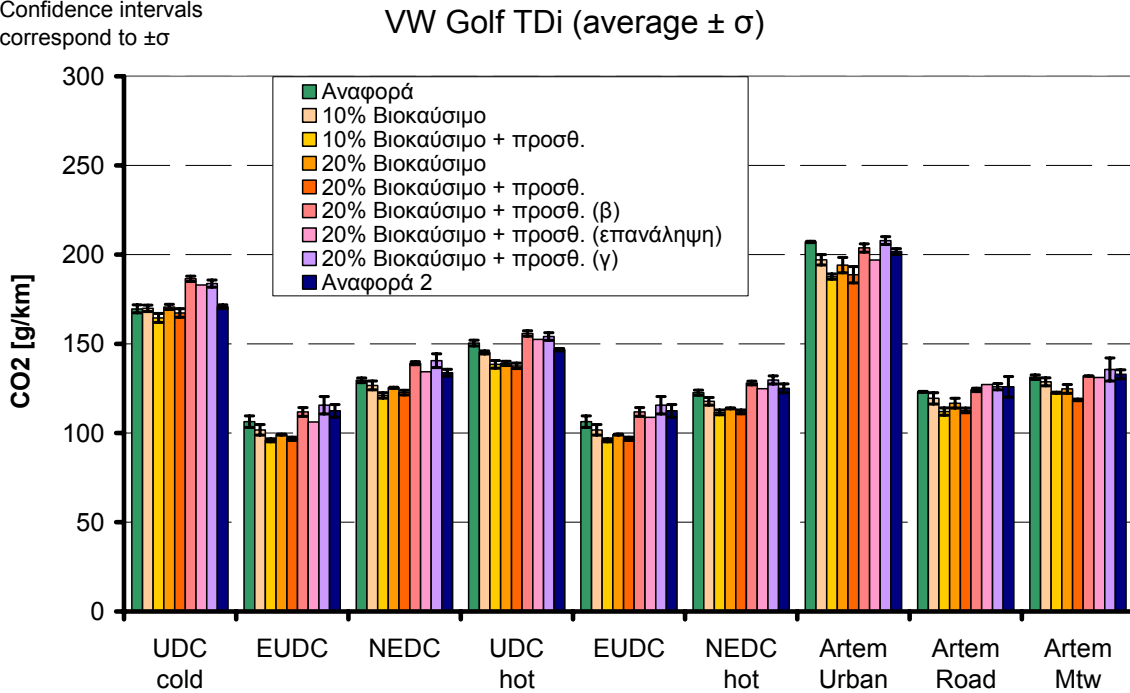
8.1 Νομοθετημένες εκπομπές και κατανάλωση καυσίμου

Οι μέσες τιμές και η διασπορά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια του Π.Ε.1 παρουσιάζονται στις εικόνες που ακολουθούν (Εικόνα 8-1 έως Εικόνα 8-6). Στο παράρτημα παρατίθενται αναλυτικά τα αποτελέσματα όλων των μετρήσεων.



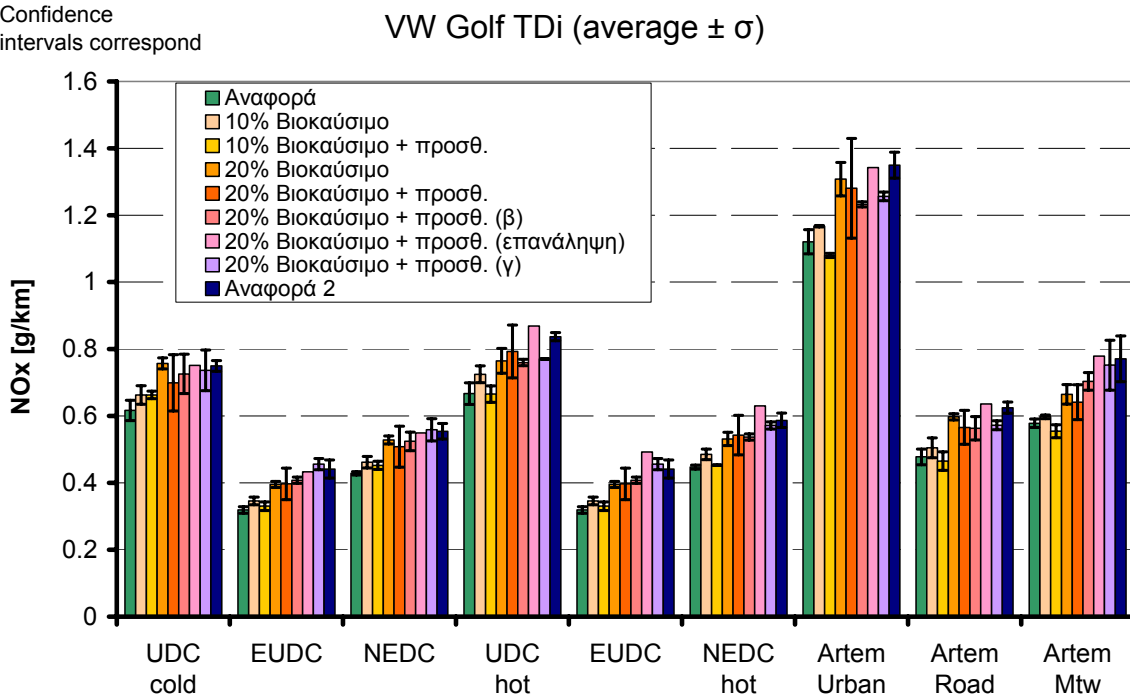
Εικόνα 8-1 Αποτελέσματα μετρήσεων κατανάλωσης καυσίμου

Confidence intervals
correspond to $\pm\sigma$

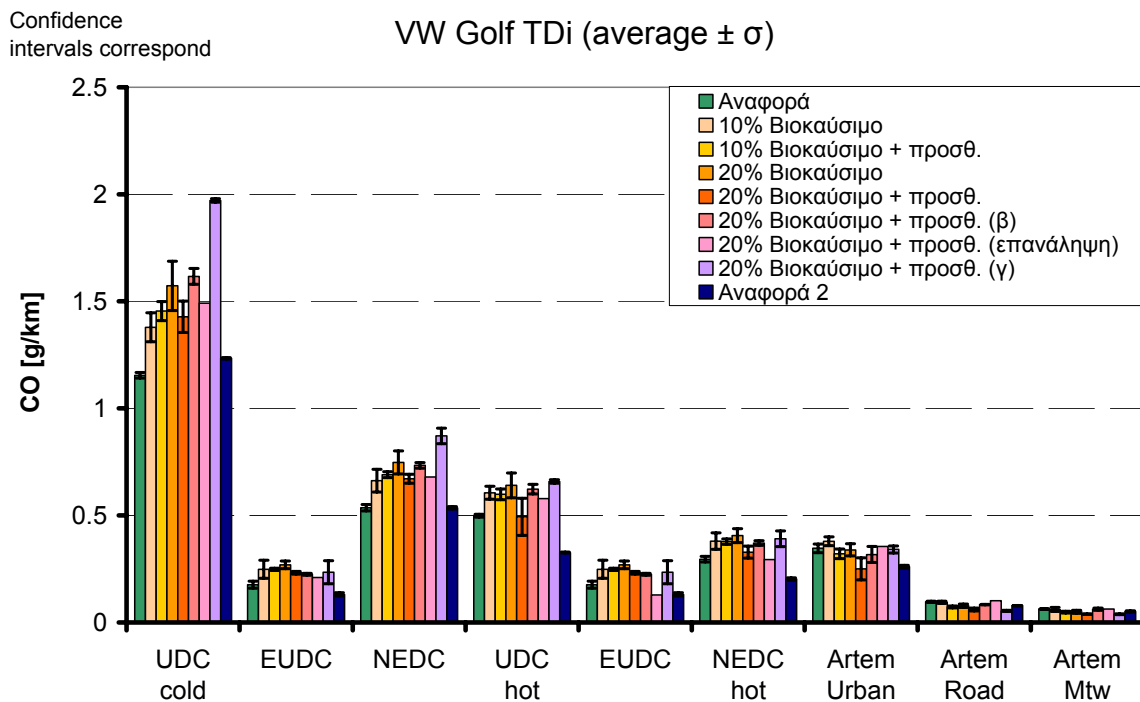


Εικόνα 8-2 Αποτελέσματα μετρήσεων εκπομπών CO₂

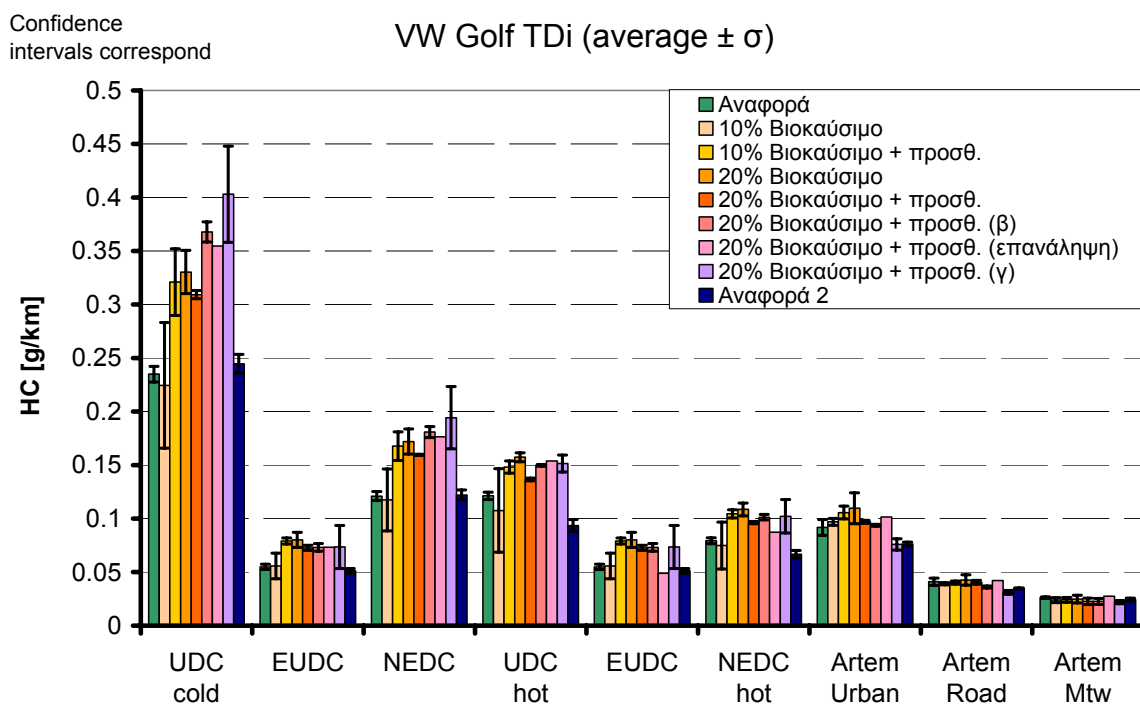
Confidence
intervals correspond



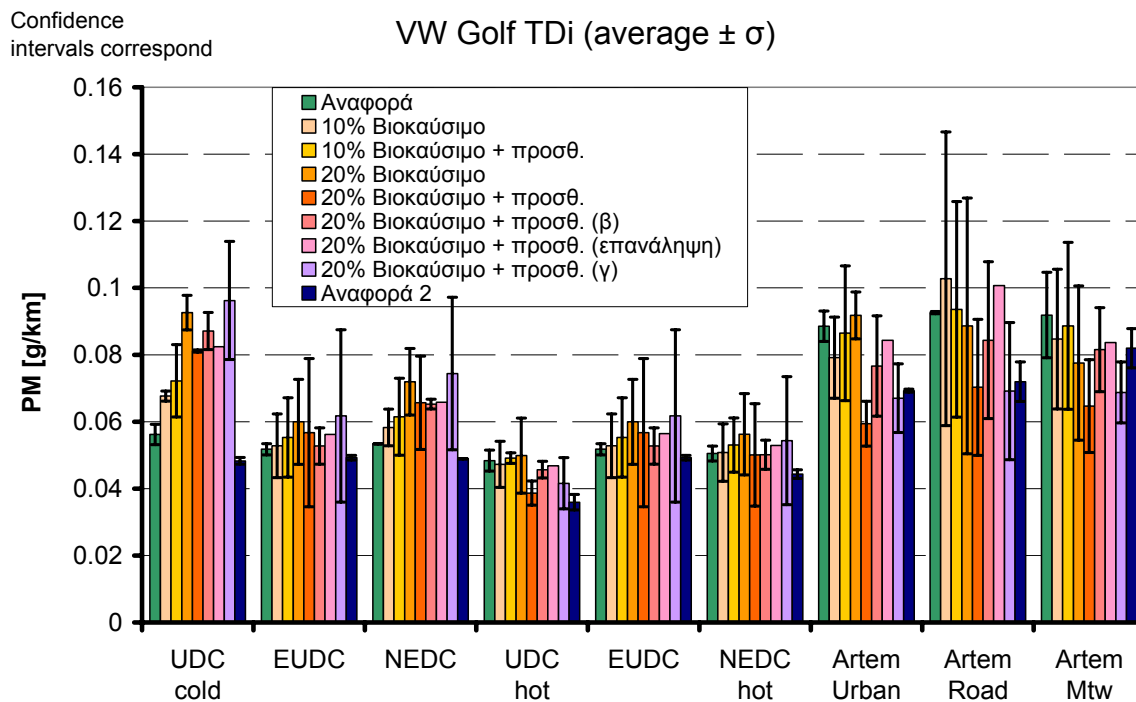
Εικόνα 8-3 Αποτελέσματα μετρήσεων εκπομπών NO_x



Εικόνα 8-4 Αποτελέσματα μετρήσεων εκπομπών CO



Εικόνα 8-5 Αποτελέσματα μετρήσεων εκπομπών HC



Εικόνα 8-6 Αποτελέσματα μετρήσεων εκπομπών σωματιδίων

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων που παρουσιάζονται στα παραπάνω διαγράμματα δεν έδειξαν σημαντικές διαφοροποιήσεις ανάμεσα στο καύσιμο αναφοράς και στα μίγματα πετρελαίου και βαμβακελαίου σε ό,τι αφορά τις εκπομπές του οχήματος. Οι μεταβολές βρίσκονται, στην πλειονότητα των περιπτώσεων, εντός των ορίων επαναληψιμότητας των μετρήσεων.

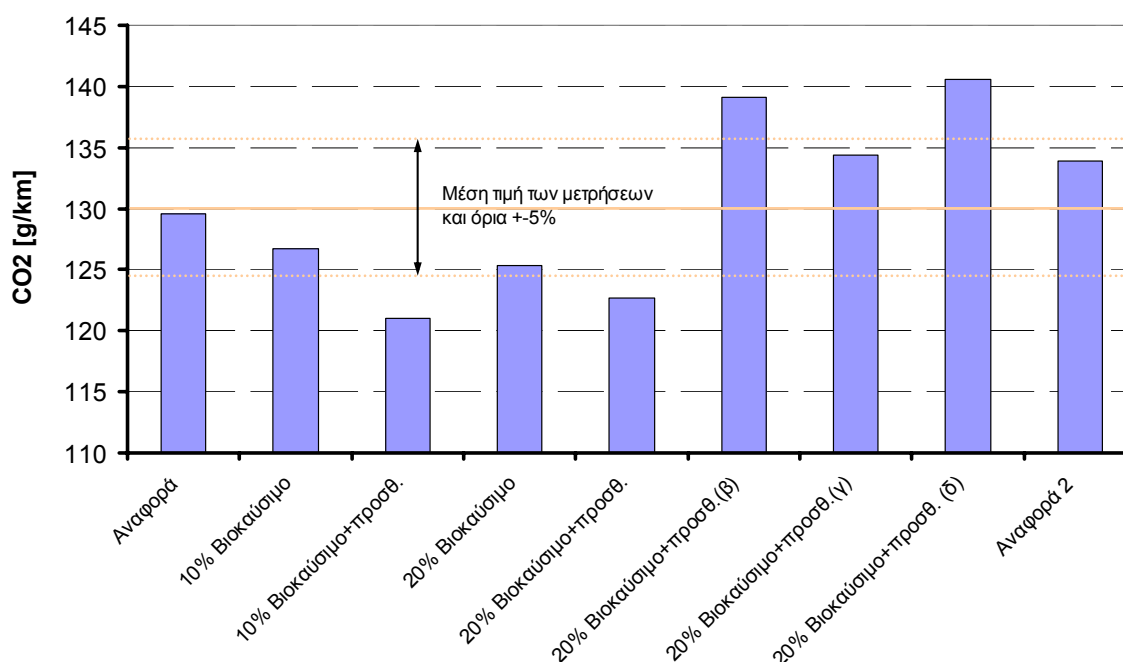
Στην Εικόνα 8-1 παρουσιάζονται οι εκπομπές CO₂ του οχήματος. Παρατηρείται ότι η κατανάλωση καυσίμου και οι εκπομπές CO₂ ακολουθούν ταυτόσημη εξέλιξη όπως ήταν αναμενόμενο. Οι δύο μετρήσεις αναφοράς –πρώτη και τελευταία- σε κάθε κύκλο επιβεβαιώνουν ότι η συνολική απόδοση του οχήματος δεν μεταβλήθηκε μετά την εφαρμογή των πειραματικών καυσίμων. Παρατηρείται επίσης πως ο κύκλος ψυχρής εκκίνησης παρουσιάζει μια υπολογίσιμη απόκλιση από τον μέσο όρο των μετρήσεων αναφοράς κατά τη χρήση των μιγμάτων, με ορισμένες μετρήσεις να βρίσκονται υψηλότερα κι άλλες χαμηλότερα του μέσου όρου. Σε όλους τους άλλους κύκλους οδήγησης η κατανάλωση καυσίμου και οι εκπομπές διοξειδίου υπό πειραματικά καύσιμα παραμένουν στα ίδια ή και χαμηλότερα επίπεδα με αυτά υπό συμβατικό καύσιμο ντίζελ. Γενικώς, πρέπει να επισημανθεί πως χαμηλές συγκεντρώσεις βαμβακελαίου στο καύσιμο έχουν την τάση να επιδρούν θετικά στην κατανάλωση καυσίμου. Είναι πιθανό οι διαφοροποιήσεις στα χαρακτηριστικά του πετρελαίου ή του βαμβακελαίου να προκαλούν αντίστοιχες διακυμάνσεις στην κατανάλωση καυσίμου του οχήματος.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων εκπομπών αερίων ρύπων παρουσιάζονται στην Εικόνα 8-3 έως Εικόνα 8-6. Ως γενική παρατήρηση πρέπει να αναφερθεί πως οι εκπομπές του οχήματος παρουσιάζουν ευρύτερη διασπορά όταν το όχημα λειτουργεί με τα πειραματικά καύσιμα από ό,τι με συμβατικά. Τα μίγματα έχουν την τάση να αυξάνουν ελαφρώς τα

επίπεδα εκπομπών στον ψυχρό αστικό κύκλο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να παρουσιάζονται αυξημένες εκπομπές στον νομοθετημένο μικτό κύκλο, NEDC, με τους ρύπους όμως να βρίσκονται σε όλες τις περιπτώσεις εντός των προδιαγεγραμμένων ορίων. Επιπλέον, η αύξηση αυτή παραμένει εντός των ορίων αβεβαιότητας των μετρήσεων. Στους κύκλους πραγματικής οδήγησης οι εκπομπές του οχήματος δεν παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα βιοκαύσιμα και το συμβατικό καύσιμο ντίζελ. Σε ό,τι αφορά τις εκπομπές υδρογονανθράκων και μονοξειδίου του άνθρακα είναι πολύ σημαντική η παρατήρηση πως τα επίπεδα εκπομπών δεν διαφοροποιούνται χρονικά κατά την εξέλιξη της μελέτης. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει πως η χρήση των μιγμάτων δεν επηρέασε τη λειτουργία του οξειδωτικού καταλύτη του οχήματος.

Στην Εικόνα 8-7 έως και την Εικόνα 8-11 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των εκπομπών αερίων ρύπων στον κύκλο NEDC. Ο NEDC επιλέχθηκε για τον σχολιασμό των μετρήσεων επειδή πρόκειται για τον κύκλο οδήγησης του Ευρωπαϊκού τεστ έγκρισης τύπου και αποτελεί κύκλο αναφοράς.

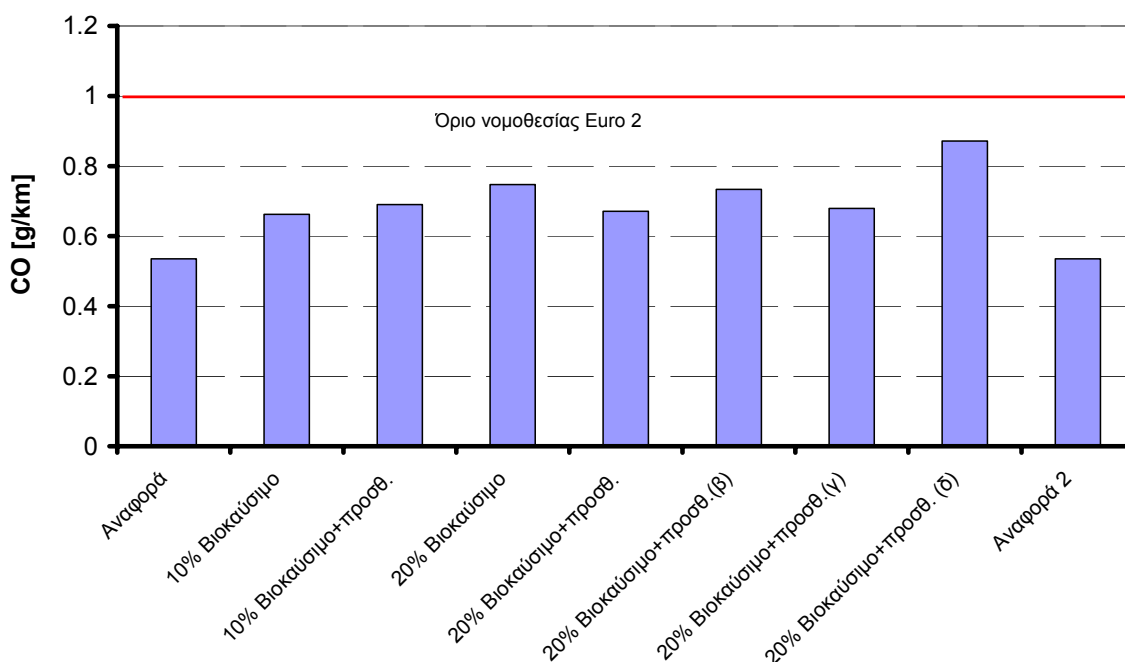
Η Εικόνα 8-7 δείχνει πως, ενώ οι μετρήσεις CO₂ αναφοράς του οχήματος βρέθηκαν στα ίδια επίπεδα και κοντά στο μέσο όρο των συνολικών μετρήσεων, οι μετρήσεις με βιοκαύσιμα παρουσιάζουν σημαντικές διακυμάνσεις. Οι διακυμάνσεις αυτές όμως βρίσκονται πολύ κοντά στα νομοθετημένα όρια ακρίβειας των μετρήσεων (+5%) και, κατ'επέκταση, δεν μπορεί να διατυπωθεί κάποιο σαφές συμπέρασμα αναφορικά με την επίδραση των μιγμάτων στην κατανάλωση καυσίμου. Το γεγονός ότι οι δύο μετρήσεις αναφοράς βρίσκονται στα ίδια επίπεδα καταδεικνύει πως η χρήση των βιοκαυσίμων δεν προκάλεσε μη αναστρέψιμες επιπτώσεις στη λειτουργία του κινητήρα.



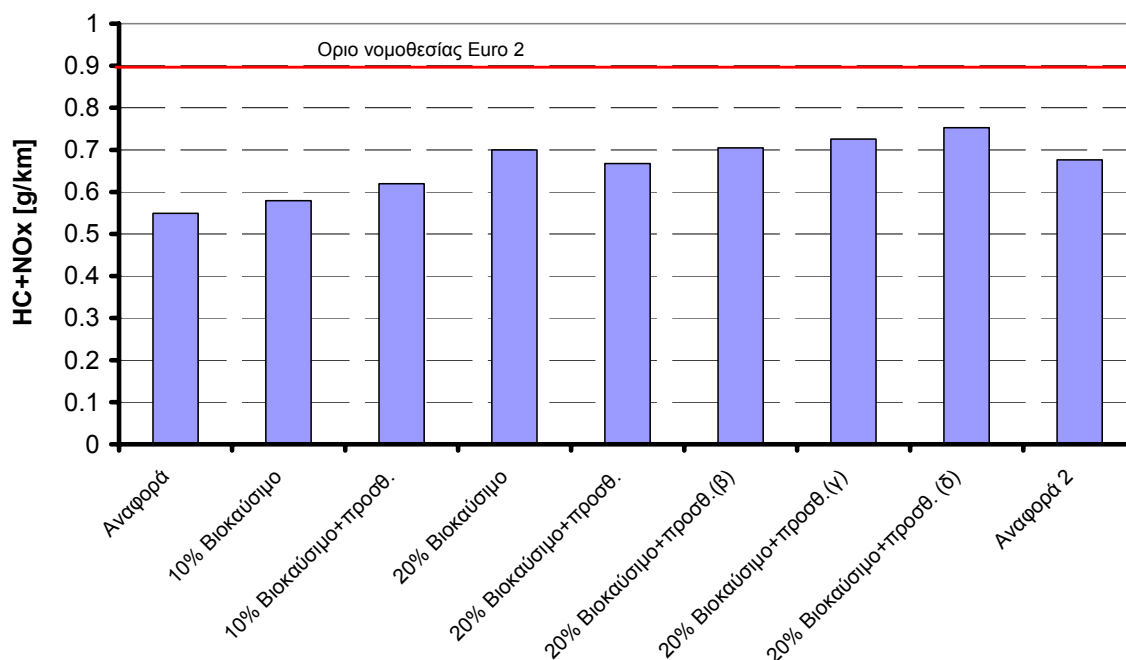
Εικόνα 8-7 Εκπομπές CO₂ για τα διάφορα καύσιμα σε κύκλο NEDC

Κατά τη χρήση φυτικών ελαίων ως καυσίμων, οι παράγοντες που μπορούν να έχουν θετική επίδραση στις εκπομπές CO₂ είναι διάφοροι. Ενδεικτικά αναφέρονται η αύξηση του αριθμού κετανίου, η αύξηση της απόδοσης της αντλίας καυσίμου λόγω μεγαλύτερης πυκνότητας, ενώ η παρουσία πρόσθετου μπορεί να δρα ευνοϊκά λειτουργώντας ως βελτιωτικό ροής. Από την άλλη μεριά, παράγοντες όπως μηχανικές βλάβες στο σύστημα μετάδοσης ή στα φρένα, διαφοροποίηση της ποιότητας/σύστασης του καυσίμου ή άλλοι μη προβλέψιμοι παράγοντες μπορεί να έχουν αρνητική επίδραση στις εκπομπές. Από τα στοιχεία αυτά και δεδομένης της σημασίας που έχουν οι εκπομπές CO₂ ως αερίου του θερμοκηπίου, αλλά και από οικονομικής σκοπιάς ως κατανάλωση καυσίμου, γίνεται σαφές ότι η λειτουργία του κινητήρα με την χρήση καυσίμων μιγμάτων βαμβακελαίου παρουσιάζει σημαντικό επιστημονικό ενδιαφέρον και πρέπει να μελετηθεί αναλυτικότερα. Στην κατεύθυνση αυτή θα βοηθήσει η εφαρμογή των καυσίμων σε κινητήρα πέδης και η ανάλυση της γραμμής καύσης.

Στην Εικόνα 8-8 και στην Εικόνα 8-9 παρουσιάζονται οι εκπομπές CO και το άθροισμα των εκπομπών NO_x και HC αντίστοιχα (το τελευταίο προδιαγράφεται νομοθετικά για οχήματα Diesel). Η οριζόντια γραμμή στα διαγράμματα δείχνει το νομοθετημένο όριο για την κατηγορία οχημάτων Euro 2. Σε όλες τις περιπτώσεις οι εκπομπές του οχήματος παραμένουν κάτω από τα νομοθετημένα όρια εκπομπών.

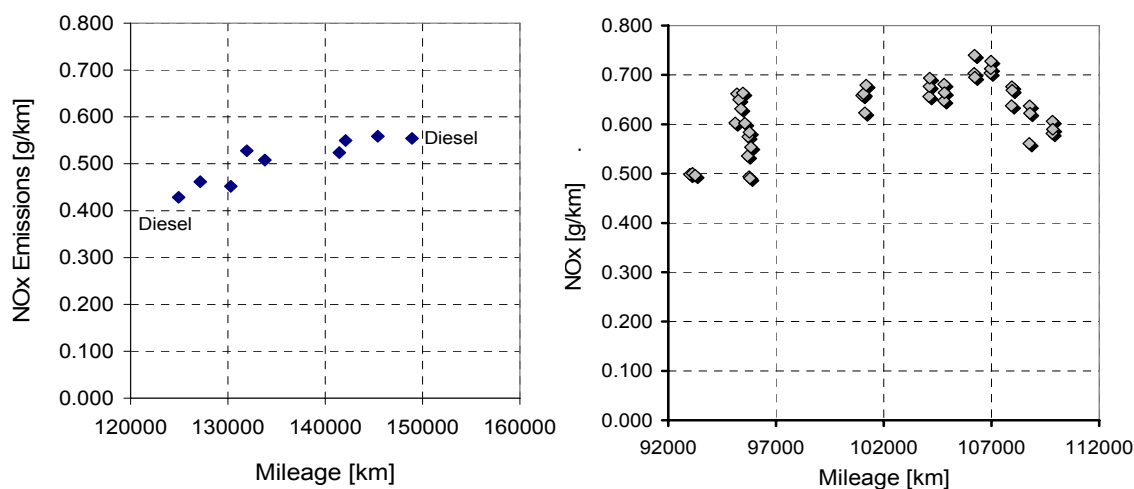


Εικόνα 8-8 Εκπομπές CO για τα διάφορα καύσιμα σε κύκλο NEDC



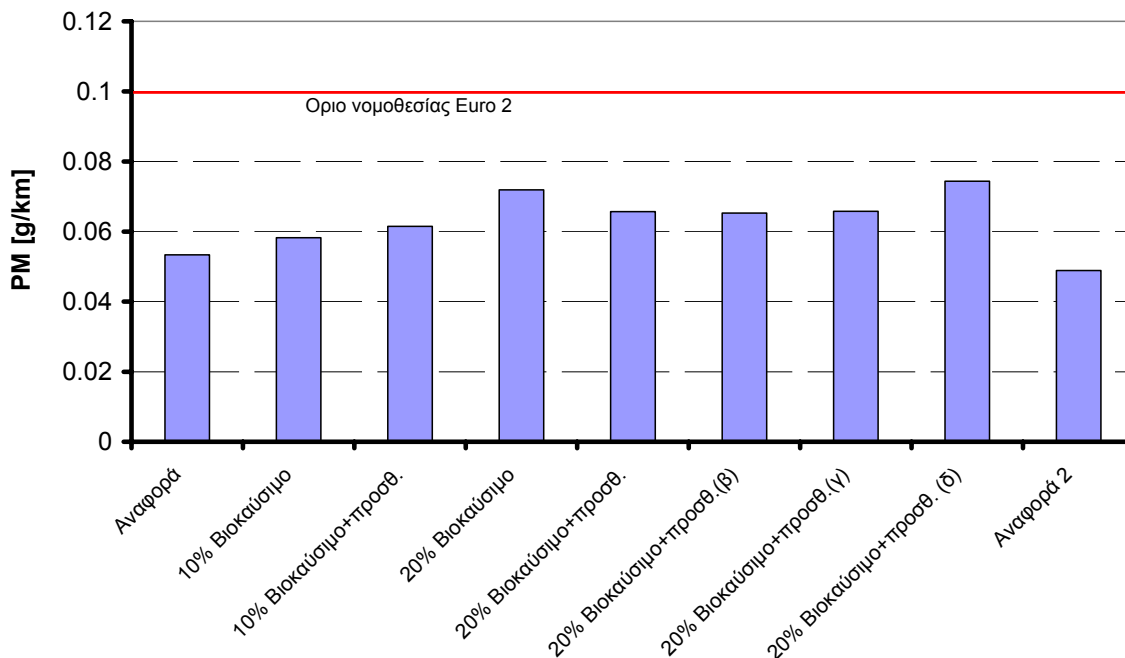
Εικόνα 8-9 Εκπομπές HC + NOx για τα διάφορα καύσιμα σε κύκλο NEDC

Η ελαφρά αύξηση που παρατηρείται μοιάζει να έχει συστηματικό χαρακτήρα και να ακολουθεί την αύξηση της περιεκτικότητας του καυσίμου σε βαμβακέλαιο. Παρόλη την αυξητική τάση, οι επιπτώσεις είναι μικρές και γι' αυτό μπορούν να θεωρηθούν αμελητέες, ιδιαίτερα σε σύγκριση με τα όρια εκπομπών στα οποία υπακούει το αυτοκίνητο. Επιπλέον, στην εικόνα Εικόνα 8-10 παρουσιάζονται οι καταγεγραμμένες μεταβολές στις εκπομπές NOx σε κύκλο NEDC πριν την έναρξη και κατά τη διάρκεια του προγράμματος. Είναι σαφές πως οι μεταβολές που παρατηρήθηκαν ήταν αναμενόμενες, ενώ τα επίπεδα εκπομπών παρέμειναν εντός των φυσιολογικών διακυμάνσεων για το συγκεκριμένο όχημα σε όλες τις περιπτώσεις.



Εικόνα 8-10 Μεταβολές στα επίπεδα εκπομπών NOx σε NEDC κατά τη διάρκεια του προγράμματος (αριστερά) και σε παλαιότερες μετρήσεις (δεξιά)

Οι εκπομπές σωματιδιακής μάζας ανά καύσιμο παρουσιάζονται στην Εικόνα 8-11. Όπως και στις περιπτώσεις των άλλων ρύπων έτσι και για τα σωματίδια, οι εκπομπές παραμένουν σε κάθε περίπτωση κάτω από τα προδιαγεγραμμένα όρια. Ως γενικό συμπέρασμα μπορεί να ειπωθεί πως υπάρχει μια ελαφρώς αυξητική τάση η οποία όμως είναι αρκετά μικρή ώστε η επίδραση των καυσίμων στις εκπομπές σωματιδιακής μάζας να θεωρηθεί επίσης αμελητέα.

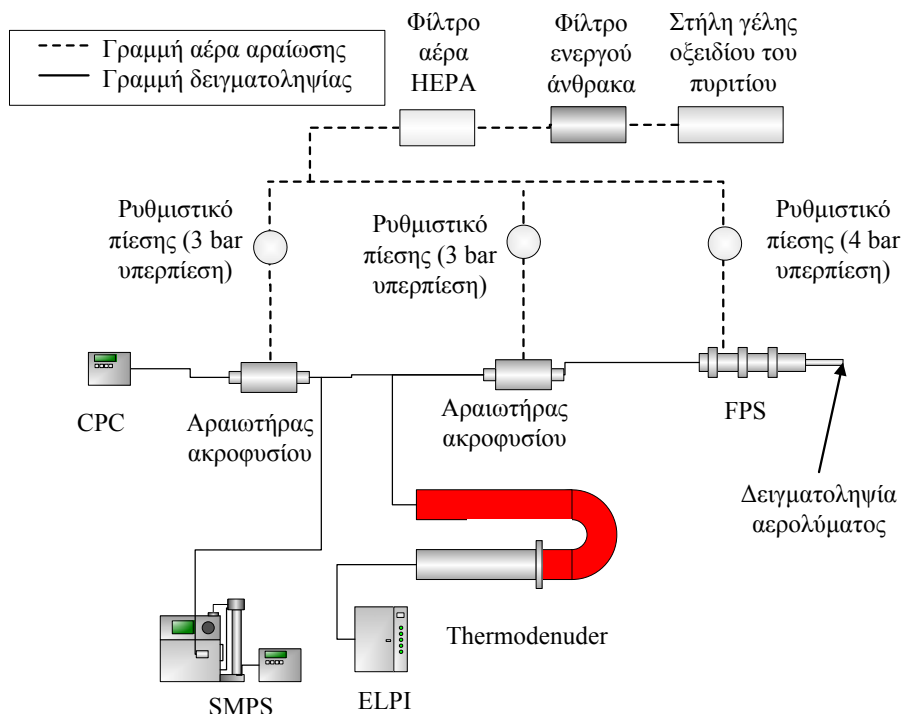


Εικόνα 8-11 Εκπομπές σωματιδίων για τα διάφορα καύσιμα σε κύκλο NEDC

8.2 Μη νομοθετημένες σωματιδιακές εκπομπές

Δεδομένου του ενδιαφέροντος το οποίο παρουσιάζουν οι εκπομπές σωματιδίων από επιστημονικής πλευράς, αλλά και λόγω των σημαντικών επιπτώσεων των τελευταίων στην ανθρώπινη υγεία, οι μετρήσεις σωματιδίων επεκτάθηκαν και σε μη νομοθετημένα μεγέθη. Για τις μετρήσεις αυτές χρησιμοποιήθηκε η διάταξη αραιώσης και δειγματοληψίας που παρουσιάζεται στην Εικόνα 8-12. Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στον αγωγό αραιώσης μέσω του αραιωτήρα FPS (Fine Particle Sampler) κατασκευής Dekati. Λόγω των σχετικά υψηλών σωματιδιακών εκπομπών, χρησιμοποιήθηκαν επιπλέον βαθμονομημένοι αραιωτήρες τύπου ακροφυσίου, ώστε να μειωθούν οι σωματιδιακές συγκεντρώσεις εντός των ορίων μέτρησης των διαφόρων οργάνων. Συγκεκριμένα, για τον προσδιορισμό της αριθμητικής σωματιδιακής συγκέντρωσης χρησιμοποιήθηκε απαριθμητής σωματιδίων (TSI's Condensation Particle Counter CPC 3010) και ηλεκτρικός προσκρουστήρας χαμηλής πίεσης (Dekati's Electrical Low Pressure Impactor - ELPI). Ο τελευταίος έπαιρνε δείγμα μέσω προσροφητήρα πτητικών ουσιών (Dekati's Thermodenuder) που λειτουργούσε στους 250°C για την απομάκρυνση των (ημι)-πτητικών σωματιδίων (και επομένως μετρούσε στερεά σωματίδια μόνο). Στα σταθερά σημεία χρησιμοποιήθηκε ο κατανεμητής μεγέθους κινητικότητας σωματιδίων με σάρωση (TSI's SMPS 3936L) αντί του CPC για την

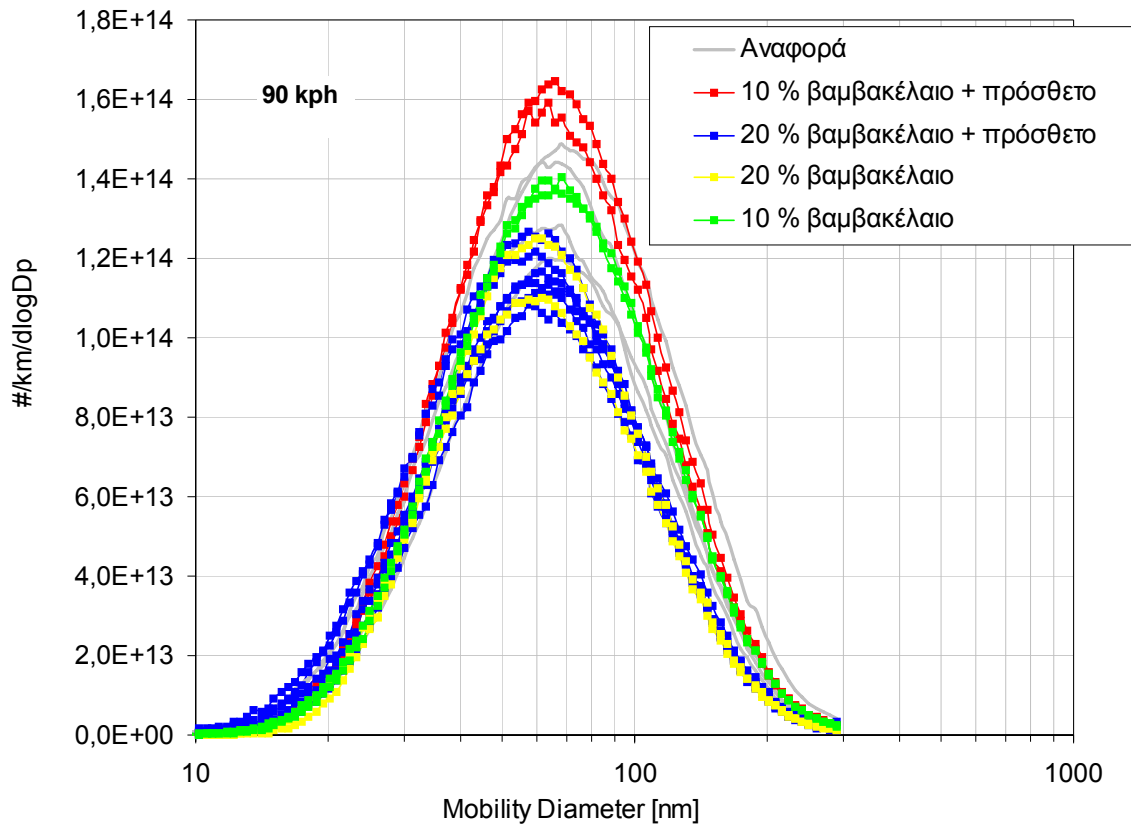
μέτρηση της αριθμητικής κατανομής του συνόλου των σωματιδίων επιτρέποντας παράλληλα τον προσδιορισμό της αριθμητικής τους κατανομής μεγέθους.



Εικόνα 8-12: Σχηματική απεικόνιση του συστήματος δειγματοληψίας για τον χαρακτηρισμό μη νομοθετημένων σωματιδιακών εκπομπών

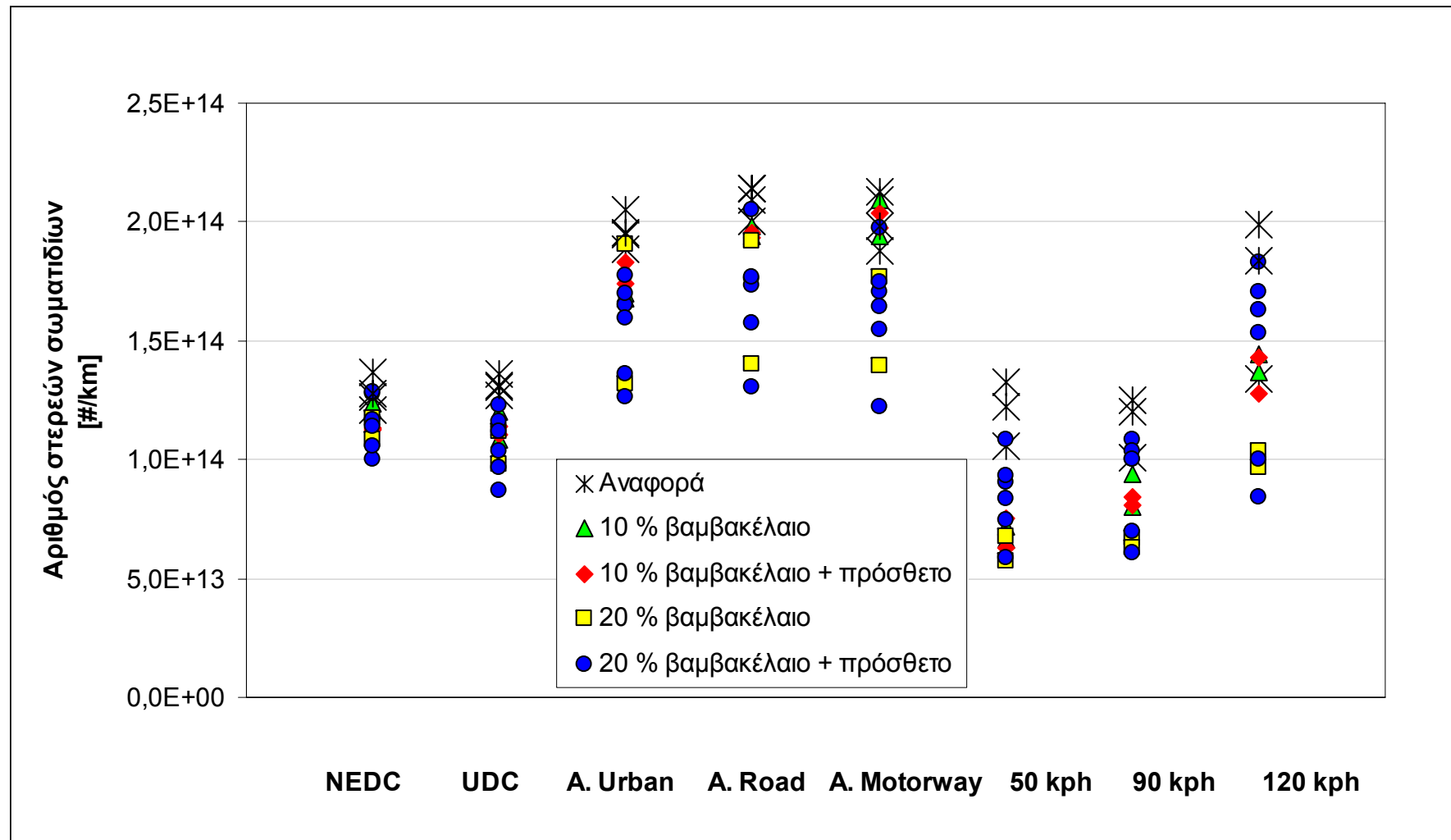
Σε αντιστοιχία με τη σωματιδιακή μάζα, οι εκπομπές αριθμού σωματιδίων έχουν εκφρασθεί ανά διανυσθέν χιλιόμετρο. Πρέπει να σημειωθεί ότι, σε αντίθεση με τον απαριθμητή σωματιδίων, η αναγωγή των ενδείξεων του ELPI (ρεύμα) σε αριθμητική συγκέντρωση δεν είναι άμεση αλλά απαιτεί την γνώση της ενεργού πυκνότητας των σωματιδίων. Καθώς αυτή η πληροφορία δεν είναι διαθέσιμη, έγινε η υπόθεση μοναδιαίας πυκνότητας (όπως συνηθίζεται σε μελέτες όπου χρησιμοποιείται το ELPI). Επιπλέον, τα αποτελέσματα του ELPI έχουν διορθωθεί για απώλειες στερεών σωματιδίων στο εσωτερικό του προσροφητήρα σύμφωνα με τη βαθμονόμηση της κατασκευάστριας εταιρίας. Οι προσδιοριζόμενες εκπομπές του αριθμού στερεών και του συνολικού αριθμού σωματιδίων συνοψίζονται στην Εικόνα 8-14 και στην Εικόνα 8-15 αντίστοιχα.

Στην Εικόνα 8-13 παρατίθενται οι κατανομές του συνολικού αριθμού σωματιδίων όπως μετρήθηκαν με το SMPS στα 90 km/h με τα διάφορα καύσιμα. Πέρα από τη διαφοροποίηση στα απόλυτα επίπεδα, δεν υπήρξε αξιοσημείωτη διαφορά στη μορφή της κατανομής με την γεωμετρική μέση διάμετρο να κυμαίνεται μεταξύ 60 και 69 nm. Παρόμοιες τάσεις παρουσιάστηκαν και στα υπόλοιπα σταθερά σημεία που εξετάστηκαν.

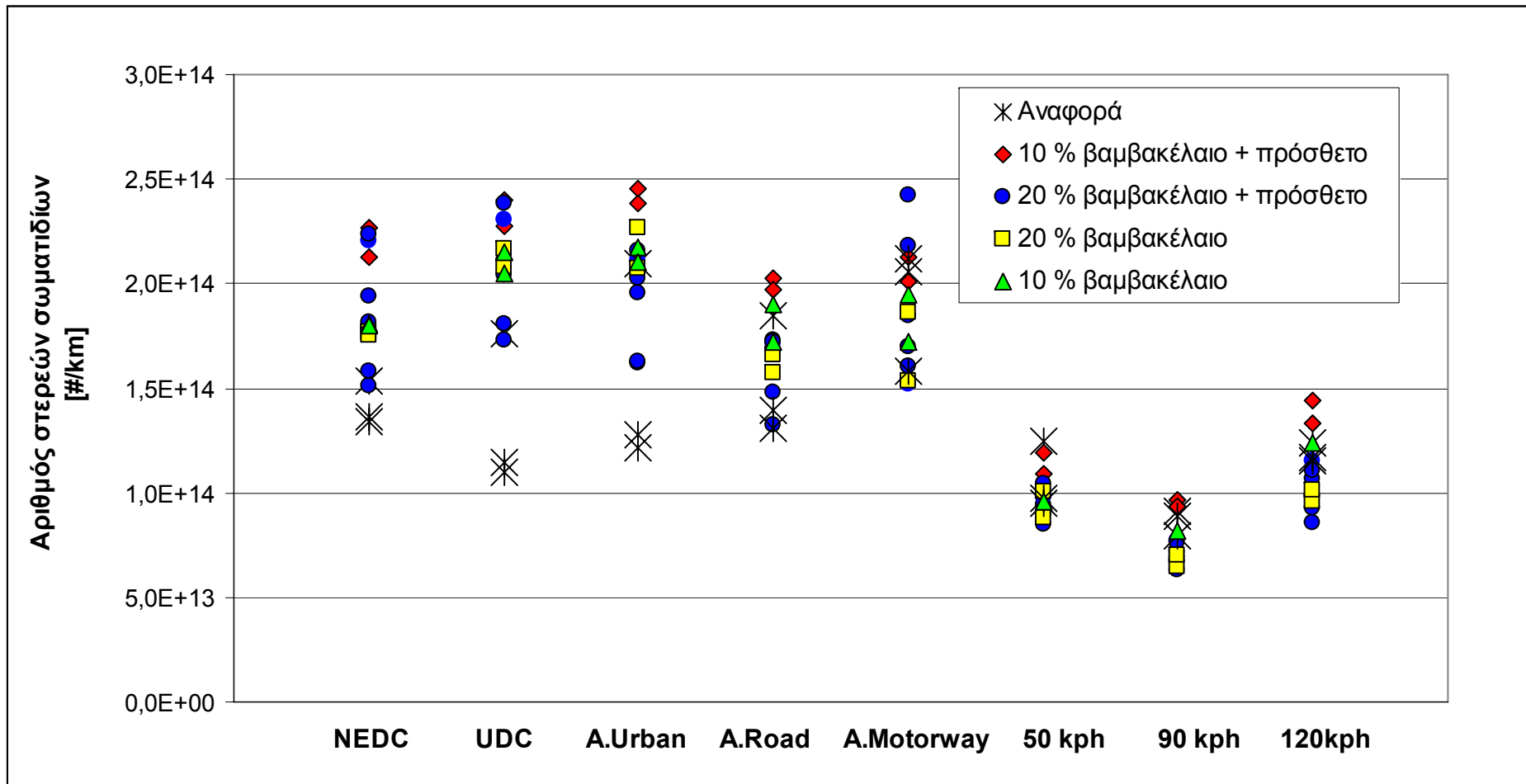


Εικόνα 8-13 Κατανομές συνολικού αριθμού σωματιδίων στα 90 km/h για τα καύσιμα που μελετήθηκαν

Οι προσδιοριζόμενες εκπομπές αριθμού στερεών σωματιδίων συνοψίζονται στην Εικόνα 8-14. Οι εκπομπές του οχήματος στις μετρήσεις με το καύσιμο αναφοράς κυμάνθηκαν από 1.2×10^{14} έως 2.1×10^{14} #/km με τα απόλυτα επίπεδα να επηρεάζονται σημαντικά από τις συνθήκες οδήγησης. Η προσθήκη 10% βαμβακελαίου με ή χωρίς πρόσθετο στο καύσιμο επέφερε μείωση στις εκπομπές στερεών σωματιδίων στους κύκλους οδήγησης της τάξης του 10 % , ενώ στα σταθερά σημεία καταγράφηκε σημαντική μείωση της τάξης του 30%. Αντίθετα, η προσθήκη 20 % βαμβακελαίου στο καύσιμο οδήγησε σε συστηματικά χαμηλότερες εκπομπές στερεών σωματιδίων (κατά μέσο όρο 30 %). Αντίστοιχη μείωση (κατά μέσο όρο 20%) παρατηρήθηκε και στις μετρήσεις όπου χρησιμοποιήθηκε 20 % βαμβακέλαιο και πρόσθετο.



Εικόνα 8-14: Εκπομπές αριθμού στερεών σωματιδίων.

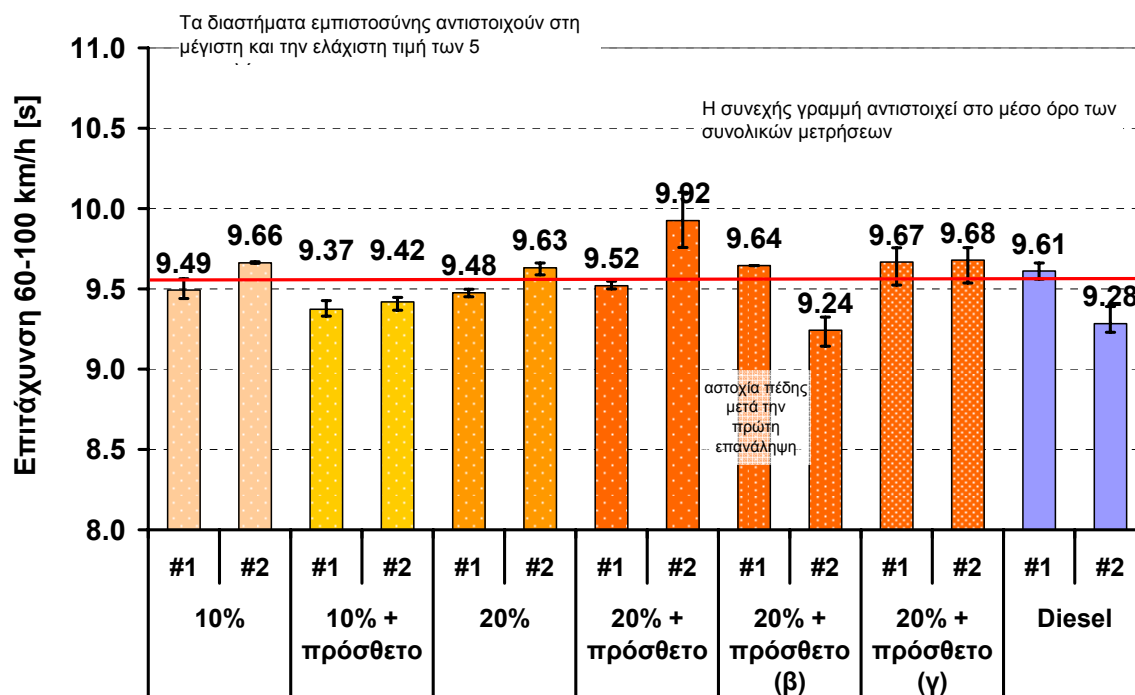


Εικόνα 8-15: Εκπομπές συνολικού αριθμού σωματιδίων

Οι προσδιοριζόμενες εκπομπές συνολικού αριθμού σωματιδίων συνοψίζονται στην Εικόνα 8-15. Ο συνολικός αριθμός εκπεμπόμενων σωματιδίων χρησιμοποιώντας το καύσιμο αναφοράς κυμάνθηκε μεταξύ 7.3×10^{13} και 2.1×10^{14} #/km¹. Η επίπτωση της χρήσης μιγμάτων βαμβακελαίου στο συνολικό εκπεμπόμενο αριθμό σωματιδίων δεν ήταν σύμφωνη για τις διάφορες συνθήκες οδήγησης που εξετάστηκαν. Συγκεκριμένα, σε αστικές συνθήκες οδήγησης η χρήση όλων των μιγμάτων βαμβακελαίου οδήγησαν σε 35 % κατά μέσο όρο αύξηση των εκπομπών. Δεδομένου ότι τέτοια αύξηση δεν εμφανίστηκε στις εκπομπές στερεών σωματιδίων, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι αυτή οφείλεται στο σχηματισμό πτητικών σωματιδίων. Αντίθετα, στις υπόλοιπες συνθήκες οδήγησης δεν υπάρχει ουσιαστική διαφοροποίηση στις εκπομπές.

8.3 Ελαστικότητα του κινητήρα

Για την διερεύνηση της επίδρασης των καυσίμων στην ισχύ του κινητήρα πραγματοποιήθηκαν δοκιμές επιτάχυνσης, ως μέτρο της ελαστικότητας του κινητήρα. Κατά τη δοκιμή επιτάχυνσης το όχημα επιταχύνεται από τα 60km/h στα 100km/h με 4^η ταχύτητα και με τη θέση του επιταχυντή στο μέγιστο (φούλ γκάζι). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στην Εικόνα 8-16.



Εικόνα 8-16 Αποτελέσματα δοκιμών επιταχύνσεων για τα διάφορα καύσιμα

¹ Το γεγονός ότι η ελάχιστη εκπομπή συνολικού αριθμού σωματιδίων ήταν μικρότερη από αυτή για τα στερεά σωματίδια πιθανότατα οφείλεται στην υπόθεση μοναδιαίας πυκνότητας για την αναγωγή του ρεύματος του ELPI σε συγκέντρωση.

Όπως φαίνεται από την εικόνα, η πλειοψηφία των μετρήσεων βρίσκεται εντός ενός εύρους $\pm 2.5\%$ από το συνολικό μέσο όρο και μόνο 3 μετρήσεις παρουσιάζουν μεγαλύτερες αποκλίσεις παραμένοντας πάντα εντός του $\pm 5\%$ που είναι και το όριο επαναληψιμότητας της μέτρησης. Επίσης δεν παρατηρείται κάποια συστηματική τάση βελτίωσης ή επιδείνωσης. Τέλος η διασπορά των μετρήσεων δεν μεταβάλλεται με την χρήση του φυτικού ελαίου σε σχέση με την αντίστοιχη με χρήση συμβατικού καυσίμου. Συμπεραίνεται λοιπόν πως η παρουσία του βαμβακελαίου σε περιεκτικότητες 10% και 20% κατ' όγκο, όπως και η παρουσία πρόσθετου στα καύσιμα, δεν επιδρούν στην αποδιδόμενη ισχύ.

8.4 Οπτική Επιθεώρηση του Κινητήρα

Στις παρακάτω φωτογραφίες παρουσιάζονται τα κυριότερα μέρη του κινητήρα πριν και μετά την εφαρμογή των πειραματικών καυσίμων. Όπως γίνεται φανερό, δεν παρατηρήθηκαν διαφοροποιήσεις στην κατάσταση του κινητήρα μετά την εφαρμογή του βαμβακελαίου. Ιδιαίτερα στους εγχυτήρες που είναι και το πιο ευαίσθητο εξάρτημα δεν παρατηρήθηκε καμία αλλοίωση, όπως *cocking*, πολυμερή, επικαθίσεις και βρωμιά. Ο τεχνικός ο οποίος "έλυσε" τον κινητήρα και στις 2 περιπτώσεις δεν παρατήρησε οποιαδήποτε αλλαγή στον κινητήρα.



Εικόνα 8-17 Αρχική κατάσταση εσωτερικού κυλίνδρων και κεφαλών εμβόλων



Εικόνα 8-18 Κατάσταση εσωτερικού κυλίνδρου μετά τη χρήση των μιγμάτων



Εικόνα 8-19 Κατάσταση κεφαλής εμβόλου μετά τη χρήση των μιγμάτων



Εικόνα 8-20 Αρχική κατάσταση βαλβίδων και κεφαλής κινητήρα



Εικόνα 8-21 Βαλβίδες και κεφαλή μετά την εφαρμογή των μιγμάτων



Εικόνα 8-22 Αρχική κατάσταση βαλβίδων και κεφαλής κινητήρα (διακρίνεται ο εγχυτήρας)



Εικόνα 8-23 Κατάσταση βαλβίδων μετά τη χρήση των μιγμάτων



Εικόνα 8-24 Αρχική κατάσταση εγχυτήρων καυσίμου



Εικόνα 8-25 Κατάσταση εγχυτήρων καυσίμου μετά τη χρήση των μιγμάτων



Εικόνα 8-26 Εγχυτήρας καυσίμου μετά την εφαρμογή των μιγμάτων

8.5 Σύνοψη – Συμπεράσματα Π.Ε.1 επικαιροποιημένα

Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Η αξία του βαμβακέλαιου, καθώς και άλλων φυτικών ελαίων, ως συμπληρωματικού καυσίμου κινητήρων Diesel έχει επισημανθεί από το παρελθόν και σήμερα υπάρχουν σημαντικά περιθώρια αξιοποίησής του.
 - Η ευρωπαϊκή νομοθεσία επιτρέπει τη χρήση βιοκαυσίμων, όπως το βαμβακέλαιο, εφόσον όμως αυτά είναι συμβατά με τον κινητήρα του οχήματος και εφόσον πληρούνται οι προδιαγραφές εκπομπών αερίων ρύπων.
 - Οι σημαντικότερες φυσικές ιδιότητες των μιγμάτων βαμβακελαίου – καυσίμου Diesel μετρήθηκαν και επαληθεύτηκε ότι τα μίγματα αυτά πληρούν τις νομοθετημένες προδιαγραφές για χρήση σε κινητήρες έναυσης με συμπίεση.
 - Σχετικά με τον αριθμό κετανίου του βαμβακελαίου και των μιγμάτων του με καύσιμο Diesel δείχθηκε πως ο τελευταίος είναι μικρός για το καθαρό βαμβακέλαιο ενώ παραμένει εντός των προδιαγραφών για μίγματα περιεκτικότητας μέχρι 30% κατ' όγκο σε βαμβακέλαιο.
 - Η πυκνότητα του βαμβακελαίου είναι υψηλή. Σε μίγματα όμως με περιεκτικότητα σε βαμβακέλαιο έως ~15% κατ' όγκο η πυκνότητα βρίσκεται εντός των προδιαγραφών που προβλέπονται από τη νομοθεσία.
 - Η θερμογόνος δύναμη των μιγμάτων χαμηλής περιεκτικότητας σε βαμβακέλαιο δεν διαφέρει σημαντικά από αυτή του καυσίμου Diesel, οπότε δεν αναμένονται επιπτώσεις στην απόδοση των κινητήρων.
 - Το ιξώδες των μιγμάτων βαμβακελαίου – καυσίμου Diesel με περιεκτικότητα σε βαμβακέλαιο έως και 20% παραμένει εντός των προδιαγραφών και δεν αναμένεται να επηρεάσει τη λειτουργία του κινητήρα.
 - Μετρήσεις από τη βιβλιογραφία δείχνουν ότι οι ιδιότητες ψυχρής ροής των μιγμάτων βαμβακελαίου – καυσίμου Diesel με βαμβακέλαιο έως 10% δεν επηρεάζονται σημαντικά και παραμένουν εντός των προδιαγραφών της νομοθεσίας.
 - Η εφαρμογή βαμβακελαίου σε κινητήρα Diesel πραγματικού οχήματος για περίπου 20.000 km ολοκληρώθηκε χωρίς προβλήματα.
 - Σε περιπτώσεις χαμηλών θερμοκρασιών περιβάλλοντος παρουσιάστηκε δυσκολία στην εκκίνηση του κρύου κινητήρα, η οποία επιδεινώθηκε με την αύξηση της περιεκτικότητας σε βαμβακέλαιο. Η εισαγωγή πρόσθετου στα καύσιμα εξάλειψε το φαινόμενο αυτό, ενώ η εκκίνηση του κινητήρα πραγματοποιήθηκε χωρίς πρόβλημα ακόμα και στους -5°C.
-

-
- Η κατανάλωση καυσίμου του οχήματος κατά τη διάρκεια του προγράμματος κινήθηκε γύρω από τον μέσο όρο της κατανάλωσης υπό συμβατικό καύσιμο. Σημαντικές διακυμάνσεις παρατηρήθηκαν με τη χρήση πειραματικών καυσίμων και σε αρκετές περιπτώσεις υπήρξε μείωση της κατανάλωσης καυσίμου. Ο μηχανισμός και οι συνθήκες που ευθύνονται για τις διακυμάνσεις αυτές χρήζουν επιπλέον μελέτης μέσω στοχευμένων μετρήσεων. Το δυναμικό μείωσης εκπομπών CO₂ το οποίο πιθανώς να έχουν τα μίγματα βαμβακελαίου – καυσίμου ντίζελ έχει ιδιαίτερο περιβαλλοντικό και οικονομικό ενδιαφέρον και πρέπει να διερευνηθεί διεξοδικά.
 - Τα επίπεδα εκπομπών αερίων ρύπων του οχήματος παρουσίασαν μικρές διακυμάνσεις οι οποίες βρίσκονται εντός των συνηθισμένων επιπέδων για το όχημα αυτό. Η ελαφρά αυξητική τάση που παρατηρείται βρίσκεται στα όρια ακρίβειας των μετρήσεων. Τα επίπεδα εκπομπών σε καμία περίπτωση δεν ξεπέρασαν τα νομοθετημένα όρια του οχήματος.
 - Η λειτουργία του οξειδωτικού καταλύτη δεν επηρεάστηκε από την εφαρμογή του βαμβακελαίου.
 - Η παρουσία βαμβακελαίου αλλά και πρόσθετου δεν επηρεάζει τις εκπομπές σωματιδίων τόσο ως προς τη μάζα όσο και ως προς τον αριθμό.
 - Η χρήση των πειραματικών καυσίμων δεν βρέθηκε να έχει επίδραση στην ισχύ του κινητήρα, όπως αυτό πιστοποιήθηκε από μετρήσεις ελαστικότητας (επιτάχυνσης).
 - Οπτική εξέταση του κινητήρα και των επιμέρους μερών του δεν έδειξε κάποια αλλοίωση ή βλάβη.

Ο επιστημονικά υπεύθυνος του Υποέργου

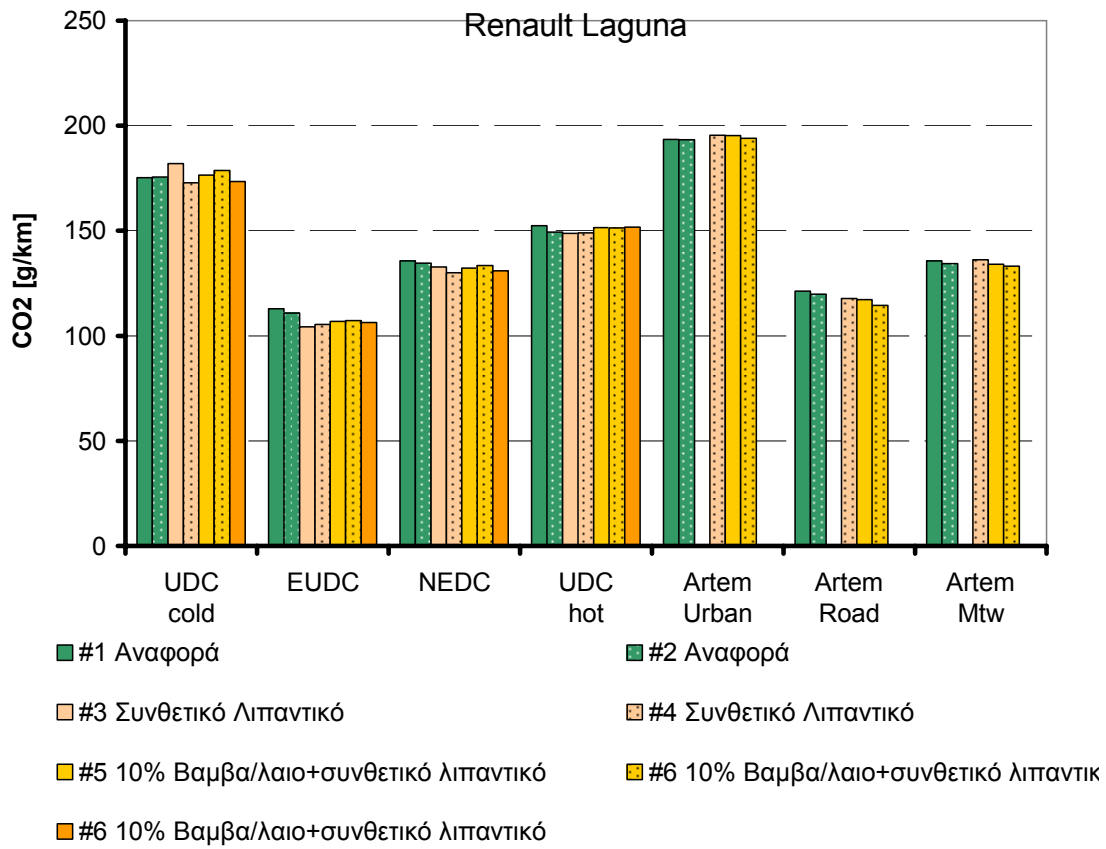
Αναστάσιος Μωυσιάδης

Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός

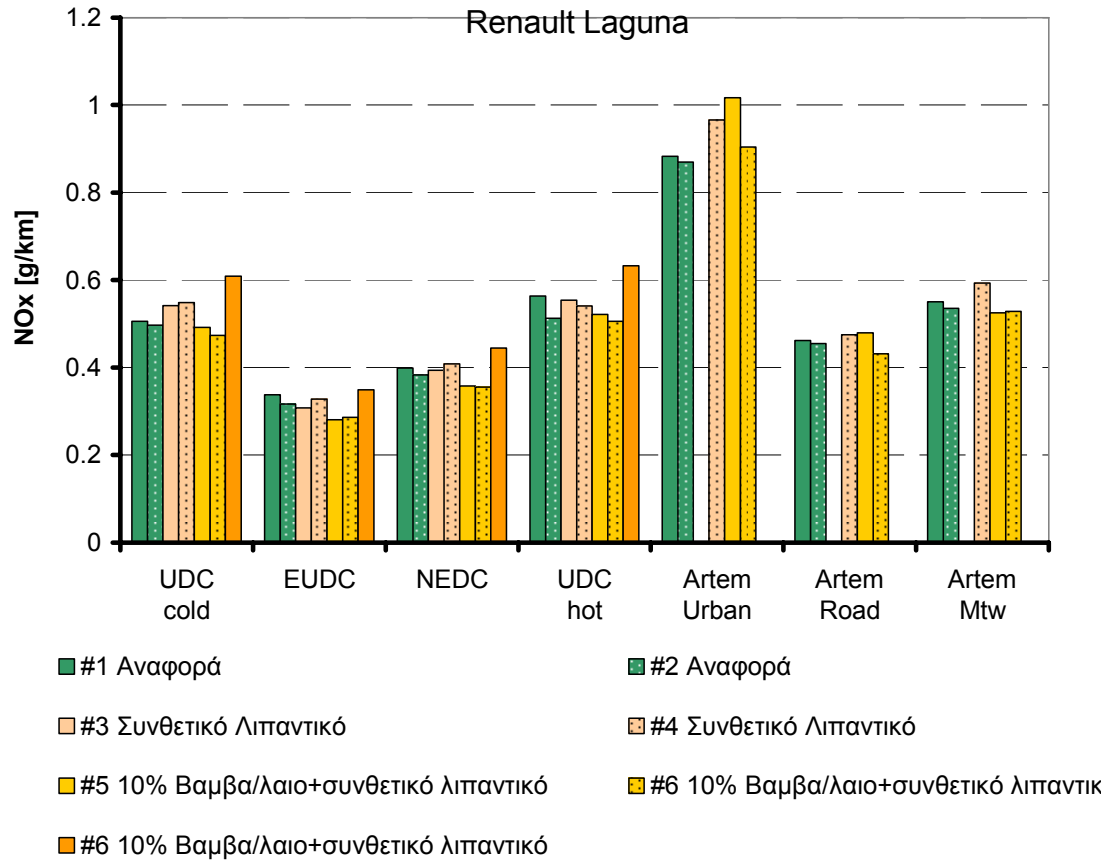
καθηγητής

9 Παράρτημα

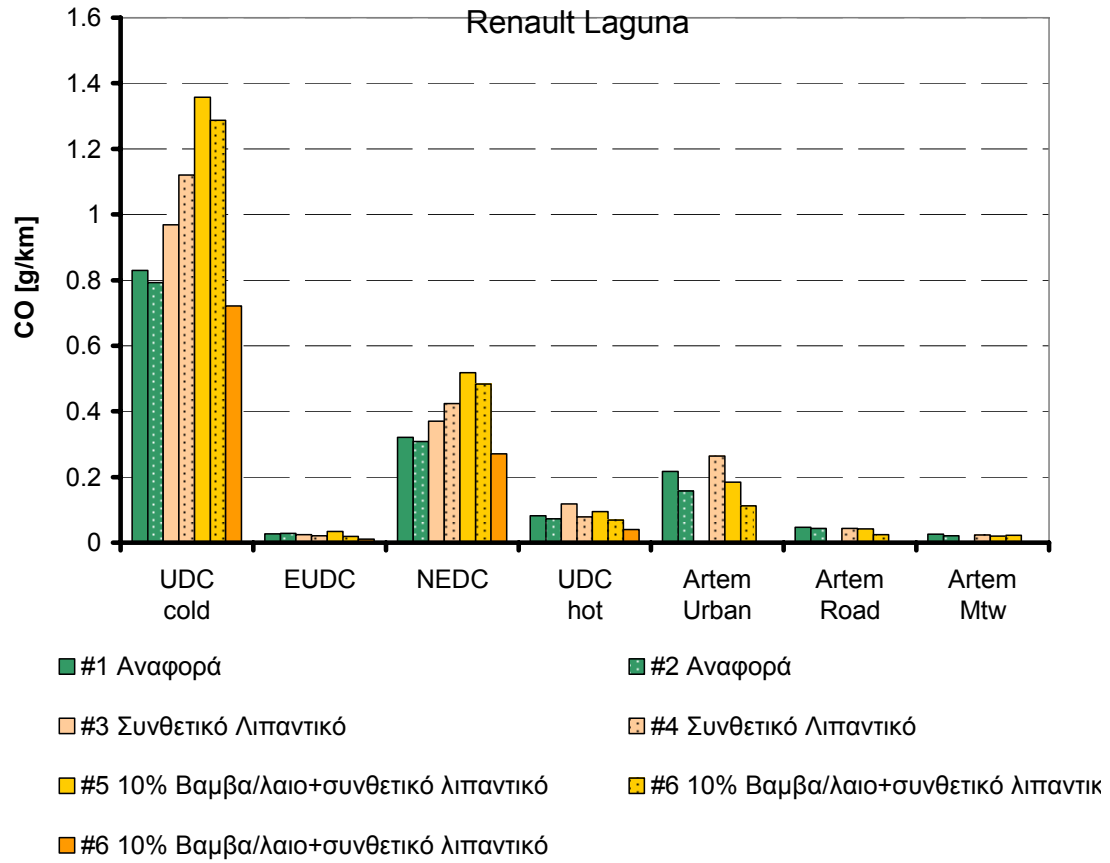
Αποτελέσματα μετρήσεων εκπομπών αερίων ρύπων και κατανάλωσης καυσίμου



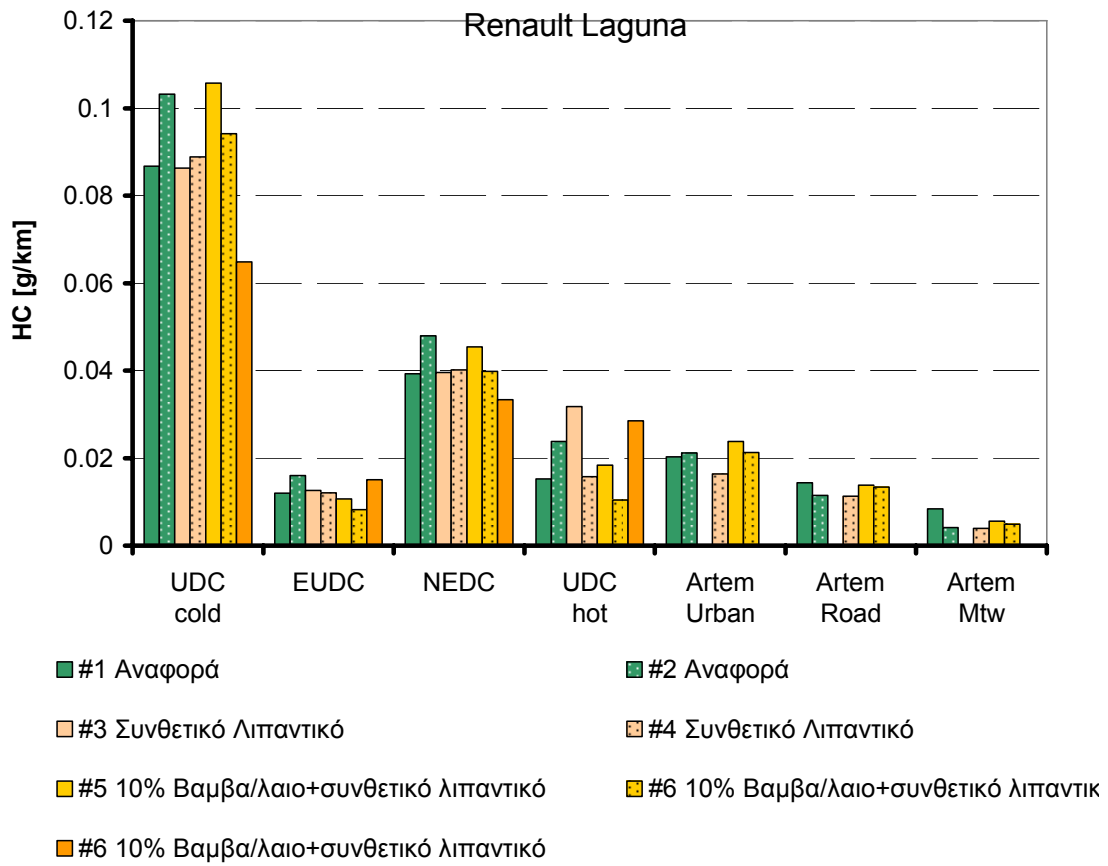
Εικόνα 9-1 Αποτελέσματα μετρήσεων εκπομπών CO₂



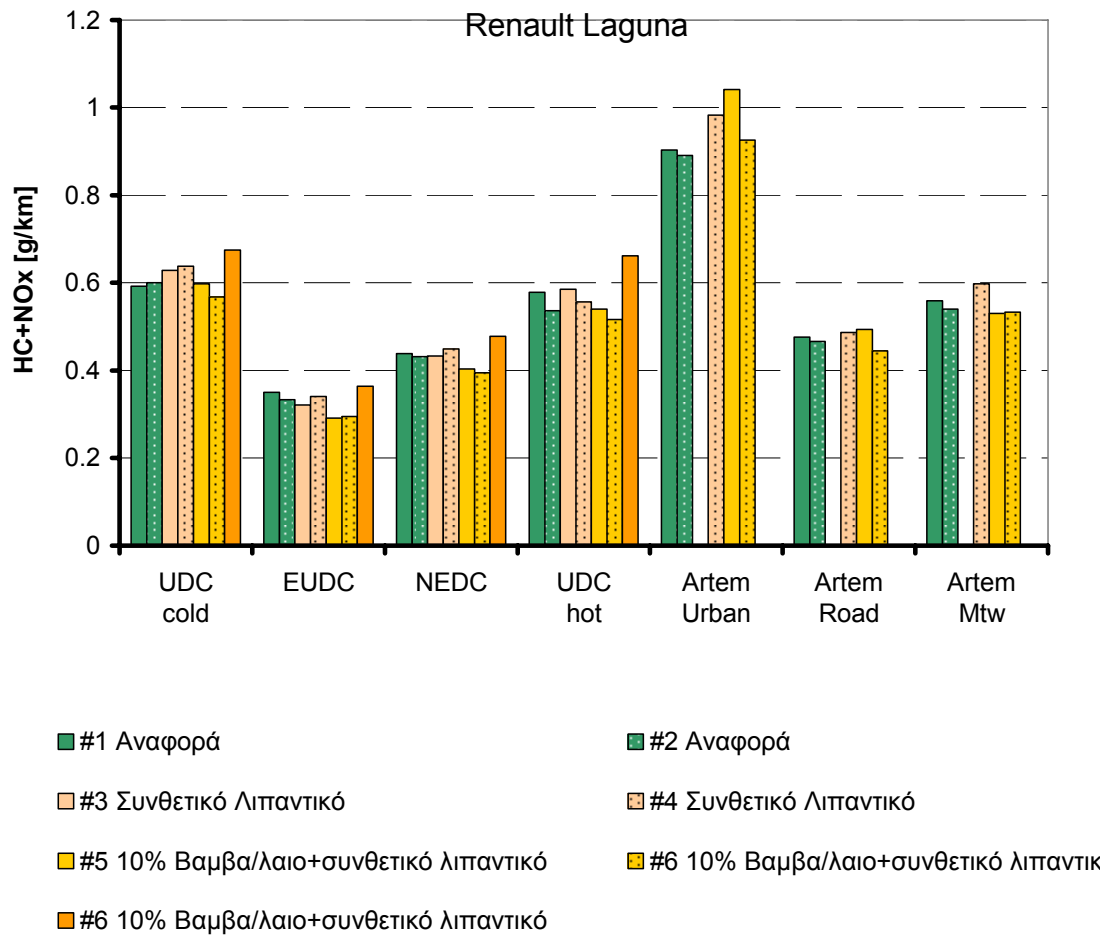
Εικόνα 9-2 Αποτελέσματα μετρήσεων εκπομπών NO_x



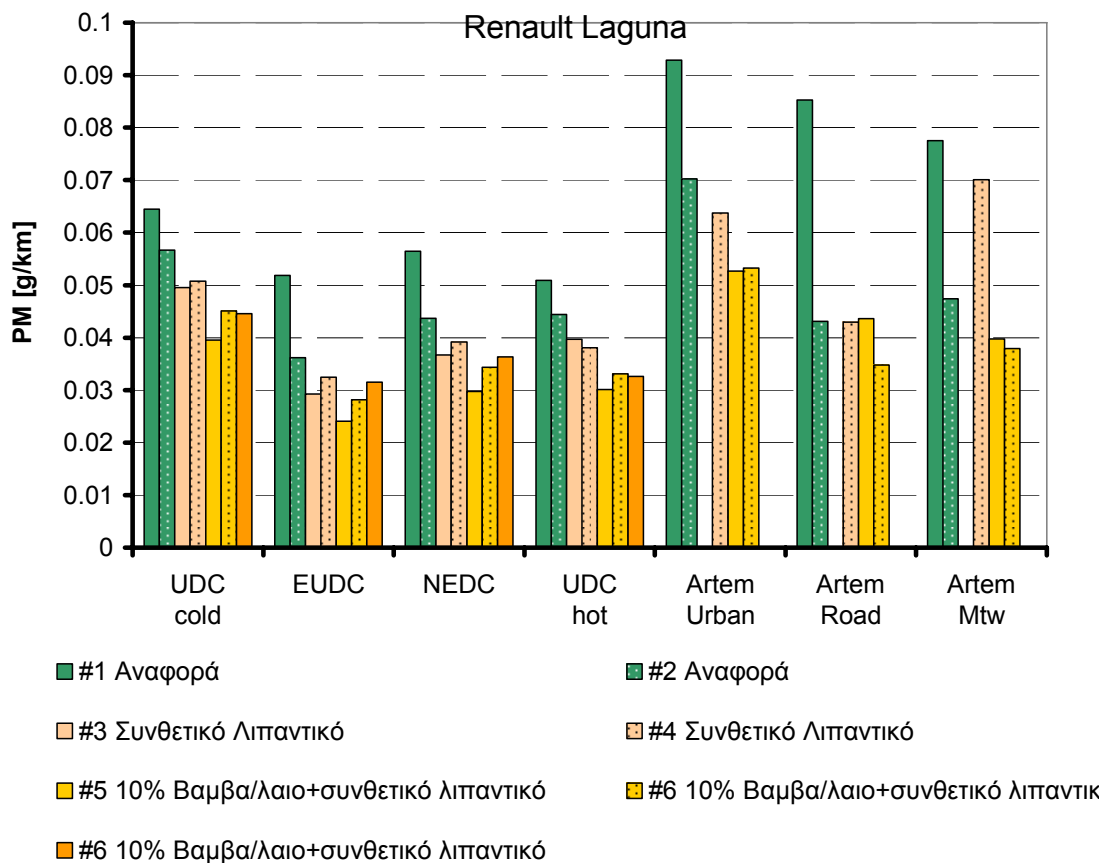
Εικόνα 9-3 Αποτελέσματα μετρήσεων εκπομπών CO



Εικόνα 9-4 Αποτελέσματα μετρήσεων εκπομπών HC



Εικόνα 9-5 Αποτελέσματα μετρήσεων εκπομπών NO_x + HC



Εικόνα 9-6 Αποτελέσματα μετρήσεων εκπομπών PM

Ο επιστημονικά υπεύθυνος του Υποέργου

Αναστάσιος Μωυσιάδης

Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός

καθηγητής