



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΤΗΝ ΚΑΜΠΙΝΑ ΜΙΚΡΟΥ
ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ»

ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ

ΘΑΝΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
ΑΜ:272017186

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
Δρ. ΜΟΥΣΤΡΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΑΘΗΝΑ ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2023



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
SCHOOL OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING

DIPLOMA THESIS

«STUDY OF THE ATMOSPHERIC ENVIRONMENT QUALITY
IN THE CABIN OF A SMALL ELECTRIC CAR»

STUDENT NAME – SURNAME

THANOS KONSTANTINOS
REGISTRATION NUMBER: 272017186

SUPERVISOR

Dr. MOUSTRIS KONSTANTINOS

ATHENS OCTOBER 2023

Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή και βαθμολογήθηκε από
την εξής τριμελή επιτροπή:

Α/Α	ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΑΔΑ/ ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	ΜΟΥΣΤΡΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ	ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	
2	ΣΠΥΡΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ	Ε.ΔΙ.Π.	
3	ΝΤΟΥΡΟΥ ΚΛΕΟΠΑΤΡΑ	Ε.ΔΙ.Π	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Θάνος Κωνσταντίνος του Αλεξάνδρου, με αριθμό μητρώου 272017186 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου.»

Ο Δηλών



Κωνσταντίνος Θάνος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται μελέτη του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος εντός της καμπίνας ενός ηλεκτροκίνητου οχήματος. Πιο συγκεκριμένα, αναζητούνται οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων $PM_{1.0}$, $PM_{2.5}$ και $PM_{10.0}$ εντός του αυτοκινήτου κατά την διάρκεια οδήγησης σε αστικές περιοχές της Αθήνας. Για την λήψη των συγκεντρώσεων χρησιμοποιήθηκε αισθητήρας χαμηλού κόστους (Purple Air), ο οποίος κατέγραφε μετρήσεις με βήμα δύο λεπτών στην διάρκεια κάθε διαδρομής για χρονικό διάστημα οκτώ μηνών (Νοέμβριος 2022 – Ιούνιος 2023). Η κάθε διαδρομή είχε διαφορετικές συνθήκες οδήγησης (παράθυρα, επιβάτες, κλιματισμός). Η κύρια διαδρομή που πραγματοποιήθηκε ήταν Αιγάλεω-Γέρακας-Αιγάλεω μέσω του κέντρου της Αθήνας. Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι ο πιο επιδραστικός ρύπος είναι τα $PM_{10.0}$. Οι συνθήκες οδήγησης δεν επηρέασαν σε μεγάλο βαθμό τις συγκεντρώσεις των σωματιδίων αλλά ενδέχεται οι διακυμάνσεις να επηρεάζονται από τις συνθήκες της κίνησης που διαμορφώνονται εντός του κέντρου της Αθήνας. Τέλος, παρατηρήθηκε μια εποχικότητα κατά τον χειμερινό μήνα Νοέμβριο και την άνοιξη (Μάρτιο, Μάιο) όπου υπήρχαν πιο αυξημένες συγκεντρώσεις σε σχέση με τους υπόλοιπους μήνες στοιχείο που επιβεβαιώνει ότι ο ρύπος εμφανίζει εποχικότητα.

Λέξεις-κλειδιά: Ατμοσφαιρική Ρύπανση, Αιωρούμενα Σωματίδια, Ηλεκτρικό Όχημα, Αισθητήρας Χαμηλού Κόστους.

ABSTRACT

In this thesis the atmospheric environment inside the cabin of an electric vehicle is studied. More precisely, the investigation focuses on the concentrations of particulate matter ($PM_{1.0}$, $PM_{2.5}$ and $PM_{10.0}$) inside the car during driving in urban areas of Athens. A low-cost sensor (Purple Air) was used to take the concentrations, recording measurements at two-minute intervals during each run over an eight-month period (November 2022 - June 2023). Every trip had different driving conditions (windows, passengers, air conditioning). The main route was Egaleo-Gerakas-Egaleo via the center of Athens. The results showed that the most influential pollutant was $PM_{10.0}$. Driving conditions did not influence the particulate concentrations to a large extent but it is possible that the variations are influenced by the traffic conditions within the center of Athens. Finally, a seasonality of concentrations was observed during the winter month of November and spring (March, May) where there were more elevated concentrations than in the other months confirming that the pollutant shows seasonality.

Keywords: Atmospheric Pollution, Particulate Matter, Electric Vehicle, Low-cost Sensor.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά, τον υπεύθυνο καθηγητή μου κ. Μουστρή Κωνσταντίνο για την εμπιστοσύνη, την στήριξη και την πολύτιμη καθοδήγηση του στην εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας. Οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον κ. Τσίτση Χρήστο για την βοήθεια που αφειδώς μου προσέφερε. Αρωγός και πάντα πρόθυμος να μου λύσει οποιαδήποτε απορία μου. Τέλος, νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου, κα Ντούρου Κλεοπάτρα και κ. Σπυρόπουλο Γεώργιο για την άψογη συνεργασία μας και την πολύτιμη συνδρομή τους στην διεκπεραίωση της παρούσας εργασίας.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ABSTRACT	6
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	10
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	12
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	13
1. Εισαγωγή.....	14
2. Αέρια ρύπανση.....	15
2.1 Ιστορική αναδρομή.....	15
2.2 Ατμοσφαιρική ρύπανση	16
2.3 Βασικοί ρύποι.....	17
2.4 Αιωρούμενα Σωματίδια	20
2.4.1 Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία	22
2.4.2 Νομοθετικό Πλαίσιο	23
3. Ηλεκτροκίνηση	26
3.1 Εισαγωγή.....	26
3.2 Ορισμός και κατηγορίες Ηλεκτροκίνητων οχημάτων.....	27
3.3 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα ηλεκτροκίνησης.....	28
4. Μελέτη περίπτωσης- Case study.....	29
4.1 Όχημα μελέτης - Eco Car.....	29
4.2 Αισθητήρας Purple Air	30
4.3 Περιοχές Έρευνας.....	32
5. Μεθοδολογία Έρευνας	35
5.1 Δεδομένα.....	35
5.2 Επεξεργασία μετρήσεων	38
6. Αποτελέσματα-Συζήτηση.....	43
6.1 Νοέμβριος.....	43
6.2 Ιανουάριος	48
6.3 Φεβρουάριος	53
6.4 Μάρτιος	58
6.5 Απρίλιος.....	63
6.6 Μάιος.....	68
6.7 Ιούνιος.....	73

6.8	Συγκεντρωτικά 8-μήνου.....	78
7.	Συμπεράσματα – Μελλοντικές προτάσεις.....	82
7.1	Συμπεράσματα	82
7.2	Μελλοντικές Προτάσεις.....	83
	Βιβλιογραφία	84
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Απόσπασμα σημειώσεων των διαδρομών (Μάρτιος).	86
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Μέσες ημερήσιες τιμές (2-λεπτα).....	87

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 6.1.1 Μέσες ημερήσιες τιμές (2-λεπτες) Νοεμβρίου.	43
Σχήμα 6.1.2 Μέσες μηνιαίες τιμές (2-λεπτες) Νοεμβρίου.	44
Σχήμα 6.1.3 Μέσες ημερήσιες-εβδομαδιαίες τιμές (2-λεπτες) Νοεμβρίου.	45
Σχήμα 6.1.4 Διακύμανση PM_1 Νοεμβρίου.	46
Σχήμα 6.1.5 Διακύμανση $PM_{2,5}$ Νοεμβρίου.	47
Σχήμα 6.1.6 Διακύμανση PM_{10} Νοεμβρίου.	47
Σχήμα 6.2.1 Μέσες ημερήσιες τιμές (2-λεπτες) Ιανουαρίου.	48
Σχήμα 6.2.2 Μέσες μηνιαίες τιμές (2-λεπτες) Ιανουαρίου.	49
Σχήμα 6.2.3 Μέσες ημερήσιες-εβδομαδιαίες τιμές (2-λεπτες) Ιανουαρίου.	50
Σχήμα 6.2.4 Διακύμανση PM_1 Ιανουαρίου.	51
Σχήμα 6.2.5 Διακύμανση $PM_{2,5}$ Ιανουαρίου.	52
Σχήμα 6.2.6 Διακύμανση PM_{10} Ιανουαρίου.	52
Σχήμα 6.3.1 Μέσες ημερήσιες τιμές (2-λεπτες) Φεβρουαρίου.	53
Σχήμα 6.3.2 Μέσες μηνιαίες τιμές (2-λεπτες) Φεβρουαρίου.	54
Σχήμα 6.3.3 Μέσες ημερήσιες-εβδομαδιαίες τιμές (2-λεπτες) Φεβρουαρίου.	55
Σχήμα 6.3.4 Διακύμανση PM_1 Φεβρουαρίου.	56
Σχήμα 6.3.5 Διακύμανση $PM_{2,5}$ Φεβρουαρίου.	57
Σχήμα 6.3.6 Διακύμανση PM_{10} Φεβρουαρίου.	57
Σχήμα 6.4.1 Μέσες ημερήσιες τιμές (2-λεπτες) Μαρτίου.	58
Σχήμα 6.4.2 Μέσες μηνιαίες τιμές (2-λεπτες) Μαρτίου.	59
Σχήμα 6.4.3 Μέσες ημερήσιες-εβδομαδιαίες τιμές (2-λεπτες) Μαρτίου.	60
Σχήμα 6.4.4 Διακύμανση PM_1 Μαρτίου.	61
Σχήμα 6.4.5 Διακύμανση $PM_{2,5}$ Μαρτίου.	62
Σχήμα 6.4.6 Διακύμανση PM_{10} Μαρτίου.	62
Σχήμα 6.5.1 Μέσες ημερήσιες τιμές (2-λεπτες) Απριλίου.	63
Σχήμα 6.5.2 Μέσες μηνιαίες τιμές (2-λεπτες) Απριλίου.	64
Σχήμα 6.5.3 Μέσες ημερήσιες-εβδομαδιαίες τιμές (2-λεπτες) Απριλίου.	65
Σχήμα 6.5.4 Διακύμανση PM_1 Απριλίου.	66
Σχήμα 6.5.5 Διακύμανση $PM_{2,5}$ Απριλίου.	67
Σχήμα 6.5.6 Διακύμανση PM_{10} Απριλίου.	67
Σχήμα 6.6.1 Μέσες ημερήσιες τιμές (2-λεπτες) Μαΐου.	68
Σχήμα 6.6.2 Μέσες μηνιαίες τιμές (2-λεπτες) Μαΐου.	69
Σχήμα 6.6.3 Μέσες ημερήσιες-εβδομαδιαίες τιμές (2-λεπτες) Μαΐου.	70
Σχήμα 6.6.4 Διακύμανση PM_1 Μαΐου.	71
Σχήμα 6.6.5 Διακύμανση $PM_{2,5}$ Μαΐου.	72
Σχήμα 6.6.6 Διακύμανση PM_{10} Μαΐου.	72
Σχήμα 6.7.1 Μέσες ημερήσιες τιμές (2-λεπτες) Ιουνίου.	73
Σχήμα 6.7.2 Μέσες μηνιαίες τιμές (2-λεπτες) Ιουνίου.	74
Σχήμα 6.7.3 Μέσες ημερήσιες-εβδομαδιαίες τιμές (2-λεπτες) Ιουνίου.	75
Σχήμα 6.7.4 Διακύμανση PM_1 Ιουνίου.	76
Σχήμα 6.7.5 Διακύμανση $PM_{2,5}$ Ιουνίου.	77
Σχήμα 6.7.6 Διακύμανση PM_{10} Ιουνίου.	77
Σχήμα 6.8.1 Μέσες μηνιαίες τιμές (2-λεπτες) 8-μήνου.	78
Σχήμα 6.8.2 Μέσες ημερήσιες-εβδομαδιαίες τιμές (2-λεπτες) 8-μήνου.	79

Σχήμα 6.8.3 Διακύμανση PM_{10} 8-μήνου.	80
Σχήμα 6.8.4 Διακύμανση $PM_{2.5}$ 8-μήνου.	81
Σχήμα 6.8.5 Διακύμανση PM_{10} 8-μήνου.	81

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1.1 Βιομηχανική Επανάσταση	15
Εικόνα 2.2.1 Ατμοσφαιρική ρύπανση-Περιβαλλοντικές δράσεις [5].....	17
Εικόνα 2.3.1 Ρύπανση του Αέρα [9].	19
Εικόνα 2.4.1: Μέγεθος αιωρούμενων σωματιδίων [10].....	20
Εικόνα 3.1.1 Πρώτο ηλεκτρικό όχημα (Parker 1884) [18].	26
Εικόνα 3.1.2 Ηλεκτροκίνηση και Περιβάλλον [21].	27
Εικόνα 4.1.1 Eco-Car.	29
Εικόνα 4.1.2 Χαρακτηριστικά Eco-Car [24].	30
Εικόνα 4.2.1 Αισθητήρας Purple Air [25].	30
Εικόνα 4.2.2 PurpleAir Flex Quality Monitor [25].	31
Εικόνα 4.3.1 Διαδρομή ΠΑΔΑ προς Γέρακα [26].	32
Εικόνα 4.3.2 Διαδρομή Γέρακα προς ΠΑΔΑ [26].	32
Εικόνα 4.3.3 Διαδρομή Κολωνός - Γέρακα [26].	33
Εικόνα 4.3.4 Διαδρομή ΠΑΔΑ - Αγία Παρασκευή [26].	33
Εικόνα 4.3.5 Διαδρομή Νέα Ιωνία - Γέρακας [26].	33
Εικόνα 4.3.6 Συνολικές διαδρομές όλης της περιοχής έρευνας [26].	34
Εικόνα 5.2.1 Στιγμιότυπο οθόνης από την αρχική μορφή δεδομένων «.csv».	38
Εικόνα 5.2.2 Στιγμιότυπο οθόνης ημέρας (Μαρτίου) σε «.xlsx».	38
Εικόνα 5.2.3 Συγκεντρωτικά αρχεία «.xlsx» για κάθε μήνα.	39
Εικόνα 5.2.4 Στιγμιότυπο οθόνης συγκεντρωτικού αρχείου «.xlsx» (Νοέμβριος).	39
Εικόνα 5.2.5 Μέσες ημερήσιες (2-λεπτες) τιμές Μαρτίου.	40
Εικόνα 5.2.6 Μέση μηνιαία τιμή (2-λεπτες) Μαρτίου ανά ρύπο.	40
Εικόνα 5.2.7 Μέσες ημερήσιες - εβδομαδιαίες τιμές (2-λεπτες) Μαρτίου.	40
Εικόνα 5.2.8 Συγκεντρωτικό αρχείο 8-μήνου.	41
Εικόνα 5.2.9 Στιγμιότυπο οθόνης συγκεντρωτικού αρχείου 8-μήνου.....	41
Εικόνα 5.2.10 Μέσες μηνιαίες (2-λεπτες) τιμές 8-μήνου.....	42

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.4.1: Μορφές PM στην ατμόσφαιρα με βάση το μέγεθος τους [11].....	21
Πίνακας 2.4.2: Επιπτώσεις PM στον άνθρωπο με βάση το μέγεθός τους [11].....	22
Πίνακας 2.4.3 Οριακές τιμές PM ₁₀ (1ο στάδιο) [8].....	23
Πίνακας 2.4.4 Οριακές τιμές PM ₁₀ (2ο στάδιο)[8].....	24
Πίνακας 2.4.5 Οριακές τιμές ρύπων- Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας [13].	24
Πίνακας 5.1.1 PurpleAir Data [25].	35
Πίνακας 5.1.2 Επιλεγμένα δεδομένα PA – Π.	37

1. Εισαγωγή

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας «Μελέτη της ποιότητας του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος στην καμπίνα ενός ηλεκτροκίνητου αυτοκίνητου» πραγματοποιήθηκε μελέτη των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων, προκειμένου να προσδιοριστεί η ποιότητα του αέρα στην καμπίνα ενός ηλεκτροκίνητου αυτοκινήτου.

Για το σκοπό αυτό, αρχικά μελετήθηκε στο 2^ο κεφάλαιο το φαινόμενο της αέριας ρύπανσης. Πραγματοποιήθηκε μια σύντομη ιστορική αναδρομή και παρουσιάστηκαν οι βασικότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι και οι πηγές τους. Ύστερα, παρουσιάστηκαν αναλυτικά τα αιωρούμενα σωματίδια, οι επιπτώσεις τους και το νομοθετικό πλαίσιο που τα διέπει.

Στο 3^ο κεφάλαιο αναλύθηκαν τα βασικά χαρακτηριστικά της ηλεκτροκίνησης. Παρουσιάστηκαν, οι βασικοί ορισμοί, οι κατηγορίες των ηλεκτροκίνητων οχημάτων καθώς και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της ηλεκτροκίνησης.

Προχωρώντας, στο 4^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται το όχημα, οι περιοχές μελέτης και ο αισθητήρας που χρησιμοποιήθηκε για την λήψη των μετρήσεων, ενώ στο 5^ο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση της μεθοδολογίας, που ακολουθήθηκε για την επεξεργασία των μετρήσεων.

Στη συνέχεια, στο 6^ο κεφάλαιο παρατίθενται γραφικά όλα τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας και πραγματοποιείται ο ανάλογος σχολιασμός τους.

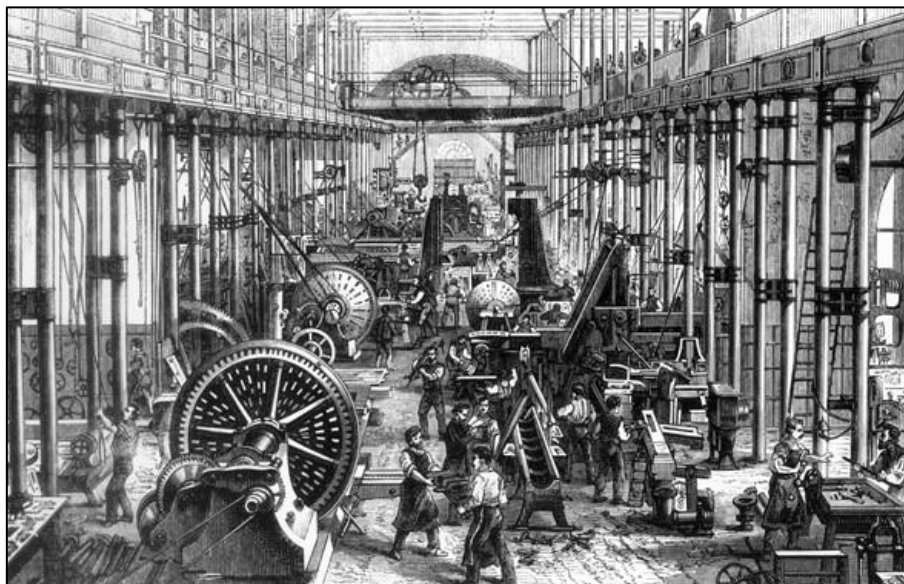
Τέλος, στο 7^ο κεφάλαιο εξάγονται τα συμπεράσματα και προτείνονται ορισμένες μελλοντικές προτάσεις για τον περιορισμό και την αντιμετώπιση της έκθεσης του ανθρώπου στα αιωρούμενα σωματίδια (PM).

2. Αέρια ρύπανση

2.1 Ιστορική αναδρομή

Καθοριστικός παράγοντας στο πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι η βιομηχανία. Για τον λόγο αυτό, η Βιομηχανική επανάσταση έχει αποτελέσει ορόσημο στην εξέλιξη του προβλήματος. Αρκετά πριν την βιομηχανική επανάσταση υπήρχε άγνοια του προβλήματος με αποτέλεσμα ο κόσμος να εθελotuφλεί και να μετακινείται αρκετά συχνά από περιοχή σε περιοχή, λόγω δυσάρεστων οσμών στην ατμόσφαιρα.

Η ανακάλυψη της φωτιάς, την οποία χρησιμοποιούσαν με λανθασμένο τρόπο, επί σειρά ετών, είχε ως αποτέλεσμα να καταπνίγονται οι χώροι διαβίωσης των ανθρώπων με παράγωγα ατελών καύσεων, κάτι που περιορίστηκε στη συνέχεια, με την ανακάλυψη της καμινάδας (κυρίως στους εσωτερικούς χώρους).



Εικόνα 2.1.1 Βιομηχανική Επανάσταση

Αργότερα, παρατηρήθηκαν ακραία φαινόμενα ρύπανσης στην ατμόσφαιρα της Ρώμης, σύμφωνα με τον Ρωμαίο φιλόσοφο Σενέκα. Έτσι, έπειτα από παρεμβάσεις της συζύγου του βασιλιά Ερρίκου του Β΄ της Αγγλίας, το 1157 λήφθηκαν τα πρώτα μέτρα. Οι πρώτες βιομηχανίες που συνδέθηκαν με το πρόβλημα της ρύπανσης ήταν η μεταλλουργία, τα κεραμικά και η συντήρηση ζωικών προϊόντων. Το 1661 στο Λονδίνο ο John Evelyn κατέθεσε πρόταση αντιμετώπισης του προβλήματος, προς τον βασιλιά Κάρολο Β΄ και το κοινοβούλιο. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός, ότι κάποια μέτρα της έκθεσης αυτής, εφαρμόζονται μέχρι και σήμερα!

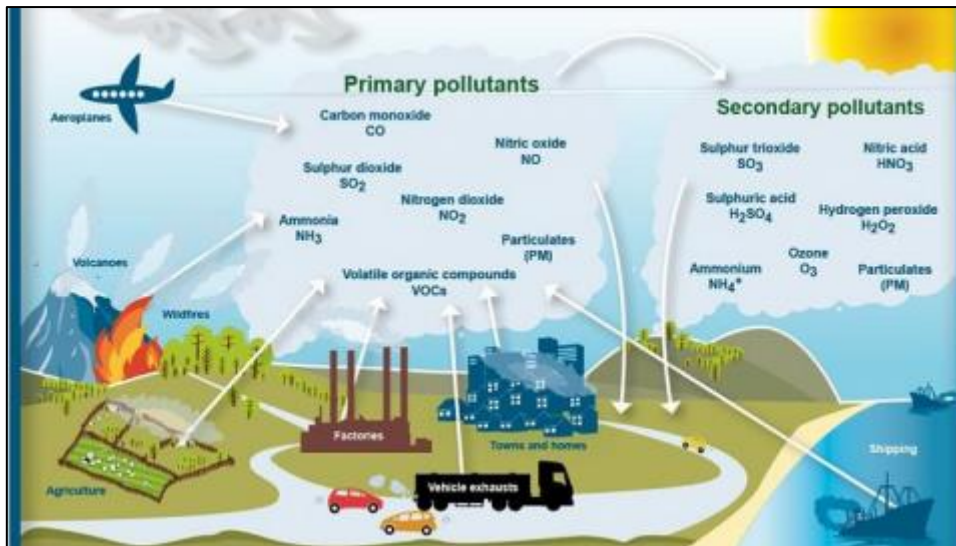
Μετά το τέλος της Βιομηχανικής επανάστασης, εμφανίστηκε το πρόβλημα του ατμού. Παράλληλα η χρήση του κάρβουνου και του πετρελαίου αποτέλεσαν βασικά καύσιμα για διάφορες εργασίες κάτι που έκανε την ρύπανση ακόμη πιο έντονη.

Κατά τον 19^ο αιώνα, κύριο πρόβλημα αποτελούσε ο καπνός και η ιπτάμενη τέφρα, που παραγόταν από διάφορες διεργασίες παραγωγής ενέργειας. Αρκετά έντονο ήταν το πρόβλημα στο Λονδίνο, με αποτέλεσμα να δεχθεί έντονες πιέσεις που οδήγησαν τελικά στην επιβολή των πρώτων νόμων σχετικά με τις εκπομπές ρύπων (1845-1856). Παρόμοια κατάσταση επικρατούσε και στις ΗΠΑ (1880), με αποτέλεσμα στα τέλη του 19^{ου} αιώνα η αέρια ρύπανση να βρίσκεται στο αποκορύφωμα σε όλες τις βιομηχανικά ανεπτυγμένες πόλεις του κόσμου.

Μέχρι και σήμερα παρά τις συνεχόμενες προσπάθειες για αντιμετώπιση, η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί βασικό πρόβλημα για πολλές περιοχές του πλανήτη σε συνδυασμό και με άλλα φαινόμενα όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου, τη όξινη βροχή, το στρώμα του όζοντος κ.α. [1–3].

2.2 Ατμοσφαιρική ρύπανση

Η ατμοσφαιρική ρύπανση αλλά και η ποιότητα του αέρα είναι ζητήματα που ταλανίζουν σε μεγάλο βαθμό τόσο το επιστημονικό όσο και το απλό κοινό. Με τους όρους αυτούς αναφερόμαστε στις επιβλαβείς ουσίες που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα (ρύποι), οι οποίοι οφείλονται στην ανάπτυξη της τεχνολογίας και γενικότερα στην ανθρώπινη δραστηριότητα. Πιο συγκεκριμένα πρόκειται για την παρουσία ουσιών, σε διαφορετική συγκέντρωση ή χρονικό διάστημα, με επιπτώσεις σε οργανισμούς, οικοσυστήματα και κατασκευές [4]. Η αέρια ρύπανση μπορεί να προκληθεί από τον άνθρωπο μέσω διάφορων δραστηριοτήτων όπως είναι οι μεταφορές, η θέρμανση των κατοικιών, διάφορες διεργασίες παραγωγής ενέργειας, η βιομηχανική παραγωγή και με διάφορες καύσεις στην ατμόσφαιρα. Όλες οι παραπάνω συμβάλουν είτε σε μεγαλύτερο, είτε σε μικρότερο βαθμό στην παρουσία του προβλήματος. Σημαντικό είναι το γεγονός ότι η επίδραση του κάθε παράγοντα δε μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια [1].



Εικόνα 2.2.1 Ατμοσφαιρική ρύπανση-Περιβαλλοντικές δράσεις [5].

2.3 Βασικοί ρύποι

Οι ρύποι της ατμοσφαιρικής ρύπανσης διακρίνονται σε πρωτογενείς και δευτερογενείς. Πρωτογενείς είναι οι ρύποι που αποβάλλονται στην ατμόσφαιρα κατευθείαν από τις πηγές τους ενώ δευτερογενείς είναι οι ρύποι που σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα από χημικές αντιδράσεις, με την συμβολή της ηλιακής ακτινοβολίας [1]. Οι ρύποι κατηγοριοποιούνται σε αέριους ρύπους (SO_2 , NO_x , CO , όζον, πτητικές οργανικές ενώσεις), σε έμμοιους οργανικούς ρύπους (διοξίνες), σε βαρέα μέταλλα (μόλυβδος, υδράργυρος) και σε σωματιδιακή ύλη [6].

Βασικότεροι ρύποι είναι:

1. Το διοξείδιο του θείου (SO_2):

Πρόκειται για έναν πρωτογενή ρύπο μη τοξικό για τον άνθρωπο, τα ζώα και τα φυτά ο οποίος υπάρχει στην ατμόσφαιρα σε μικρές συγκεντρώσεις. Προέρχεται κυρίως από καύσεις ορυκτών και αποτελεί το βασικό αέριο για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και στην παραγωγή του O_3 [1,7].

2. Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO):

Πρόκειται για έναν δηλητηριώδη ρύπο, ο οποίος μπορεί να βλάψει σημαντικά τον άνθρωπο σε υψηλές συγκεντρώσεις. Είναι μη ανιχνεύσιμος και τοξικός. Δημιουργείται στην ατμόσφαιρα κυρίως από τις καύσεις (λόγω έλλειψης οξυγόνου) των κινητήρων καυσίμων των αυτοκινήτων καθώς και από τις καύσεις ορυκτών. Αποτελεί τον πιο σημαντικό ρύπο της ατμόσφαιρας και ο περιορισμός του είναι δύσκολος. Τέλος συμβάλει με την σειρά του στο φαινόμενο του θερμοκηπίου [1,7].

3. Τα οξειδία του αζώτου (NO_x):

Τα οξειδία του αζώτου αποτελούνται από διάφορες μορφές αζώτου και οξυγόνου, οι περισσότερες από τις οποίες είναι τοξικές. Δημιουργούνται στην ατμόσφαιρα κυρίως από καύσεις στερεών και υγρών καυσίμων. Με την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας δημιουργείται το NO₂. Η παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων στην ατμόσφαιρα μπορεί να είναι επιβλαβής για τα φυτά και τα ζώα. Τέλος συμβάλλουν στην δημιουργία του όζοντος [1,7].

4. Το όζον (O₃):

Το όζον είναι ένας περίπλοκος ρύπος, αφού σχηματίζεται υπό ειδικές και πολύ συγκεκριμένες συνθήκες. Δημιουργείται με την βοήθεια άλλων ρύπων και της ηλιακής ακτινοβολίας. Είναι εξαιρετικά βλαβερός για τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Είναι δευτερογενής ρύπος, είναι δύσκολος στον εντοπισμό και στην απομάκρυνση του. Χώρες με υψηλή ηλιακή ακτινοβολία και θερμά κλίματα χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερες συγκεντρώσεις όζοντος [7].

5. Ο μόλυβδος (Pb):

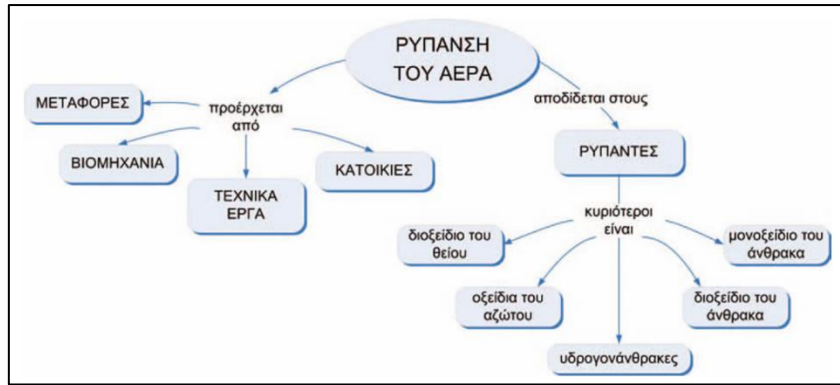
Ανήκει στην κατηγορία των βαρέων μετάλλων. Πρόκειται για ένα τοξικό ρύπο που εμφανίζεται κυρίως στις βιομηχανίες. Η εισπνοή του γίνεται ως σκόνη ή καπνός. Τέλος, είναι γνωστό ότι ο μόλυβδος χρησιμοποιείται στις εξατμίσεις των οχημάτων και στις μπαταρίες [8].

6. Το βενζόλιο (C₆H₆):

Το βενζόλιο είναι μέρος του πετρελαίου και της βενζίνης. Είναι πολύ επιβλαβής υδρογονάνθρακας σε μεγάλες συγκεντρώσεις. Εμφανίζεται στην ατμόσφαιρα μέσω πυρκαγιών, ηφαίστειων και διεργασίες μερικών βιομηχανιών για την παραγωγή χημικών ενώσεων [8].

7. Τα αιωρούμενα σωματίδια (PM):

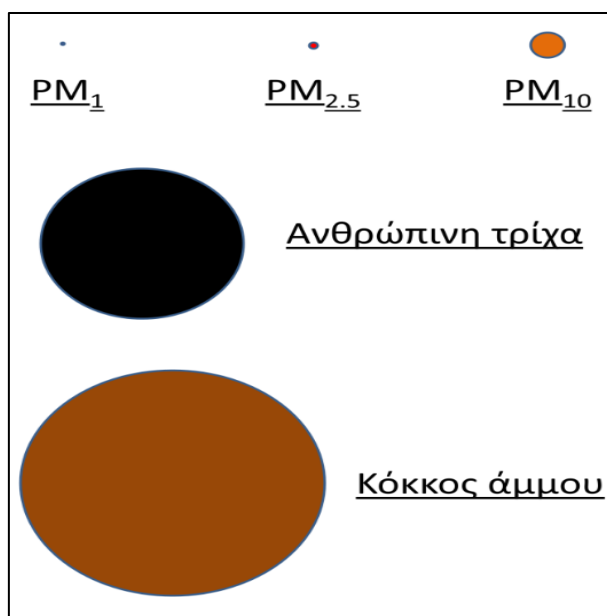
Τα αιωρούμενα σωματίδια δημιουργούνται από την καύση ορυκτών καυσίμων, αλλά κυρίως από πυρκαγιές και βιομηχανική δραστηριότητα. Θεωρούνται επιβλαβή για τον άνθρωπο, σε υψηλές συγκεντρώσεις. Οι επιπτώσεις, στην ανθρώπινη υγεία εξαρτώνται από το μέγεθος τους. [7]. Αποτελούν το βασικό αντικείμενο της εργασίας και θα αναλυθούν εκτενώς στην επόμενη ενότητα.



Εικόνα 2.3.1 Ρύπανση του Αέρα [9].

2.4 Αιωρούμενα Σωματίδια

Με τον όρο αιωρούμενα σωματίδια εννοούμε κάθε στερεό ή υγρό στοιχείο, με διαστάσεις τέτοιες οι οποίες καθιστούν εφικτή την αιώρηση τους στην ατμόσφαιρα για χρονικό διάστημα, που επιτρέπει την παρατήρηση ή την μέτρηση τους. Οι διαστάσεις τους κυμαίνονται από 0.001 έως 100 μm . Τα αιωρούμενα σωματίδια διακρίνονται για την πολυπλοκότητά τους και την ποικιλία τους σε σχήμα, μέγεθος και σύσταση [10]. Σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα ως αποτέλεσμα χημικών αντιδράσεων μεταξύ των διαφόρων ρύπων. Η διείδυση των σωματιδίων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το μέγεθός τους. Η ρύπανση από αιωρούμενα σωματίδια (PM) περιλαμβάνει σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο $<10\mu\text{m}$ (μικρομέτρων), που ονομάζονται $\text{PM}_{10.0}$, με μικρή αεροδυναμική διάμετρο $<2.5\mu\text{m}$ που ονομάζονται $\text{PM}_{2.5}$ και εξαιρετικά μικρότερης αεροδυναμικής διαμέτρου $<1\mu\text{m}$, τα λεγόμενα $\text{PM}_{1.0}$ [11]. Με τον όρο αεροδυναμική διάμετρος αναφερόμαστε στη διάμετρο που πρέπει να έχει ένα σφαιρικό σωματίδιο ορισμένης πυκνότητας $1\text{g}/\text{cm}^3$, ώστε να έχει την ίδια ταχύτητα καθίζησης με το υπό εξέταση σωματίδιο υπό ορισμένες συνθήκες [1].



Εικόνα 2.4.1: Μέγεθος αιωρούμενων σωματιδίων [10].

Τα σωματίδια με μέγιστο τα $10\mu\text{m}$ ονομάζονται χονδρόκοκκα σωματίδια, σχηματίζονται κυρίως από μηχανικές κατεργασίες και μπορεί να έχουν ύλη από άμμο, αλουμίνα, θαλάσσιο αλάτι και σωματίδια φυτικών οργανισμών. Αρχικά δημιουργούνται σε μικρά μεγέθη στην ατμόσφαιρα και στην συνέχεια μεγαλώνουν με την δραστηριότητά τους με αποτέλεσμα στην συνέχεια να απομακρύνονται με ξηρή ή υγρή εναπόθεση. Τα σωματίδια με μέγιστο τα $0,2\mu\text{m}$ ονομάζονται λεπτόκοκκα και σχηματίζονται μέσω διαδοχικών συσσωρεύσεων με άλλα σωματίδια και καύσεων. Είναι συνήθως θειικά, νιτρικά, οργανικά, αμμωνιακά άλατα και ενώσεις του μολύβδου. Σωματίδια με 0.1 έως $1\mu\text{m}$ δημιουργούνται μέσω συμπύκνωσης ατμών

από καύσεις και αέρια σκόνη. Αυτά προκαλούν συνήθως ομίχλη και μπορούν να παραμείνουν στην ατμόσφαιρα για μήνες. Αξίζει να σημειωθεί ότι δεν έχουμε πληροφορίες για τις χημικές συστάσεις γενικότερα για τα αιωρούμενα σωματίδια [1,12].

Οι τοξικές επιδράσεις των σωματιδίων εξαρτώνται από τις χημικές και φυσικές τους ιδιότητες. Τα συστατικά των PM₁₀ και PM_{2,5} μπορεί να είναι οργανικά (ΡΑΗ, διοξίνες, βενζόλιο, 1-3 βουταδιένιο) ή ανόργανης φύσης (άνθρακας, χλωριούχα, νιτρικά, θειικά άλατα, μέταλλα). Τα σωματίδια χωρίζονται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες με βάση τον τύπο και το μέγεθος. Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι περιλαμβάνουν τα σωματίδια PM στις μάζες του αέρα. Στους ρύπους των σωματιδίων περιλαμβάνονται ρύποι όπως η αιθαλομίχλη, η αιθάλη, ο καπνός του τσιγάρου, η λάμπα, η ιπτάμενη τέφρα και η σκόνη τσιμέντου. Οι βιολογικοί ρυπαντές είναι μικροοργανισμοί (βακτήρια, ιοί, μύκητες, μούχλα και βακτηριακά σπόρια), η οικιακή σκόνη, τα αλλεργιογόνα και η γύρη. Οι τύποι σκόνης περιλαμβάνουν την ατμοσφαιρική αιωρούμενη σκόνη, την καθιζώμενη σκόνη και τη βαριά σκόνη. Τέλος, ένα άλλο γεγονός είναι ότι ο χρόνος ημιζωής των σωματιδίων PM₁₀ και PM_{2,5} στην ατμόσφαιρα παρατείνεται λόγω του μικροσκοπικού τους μεγέθους όπου αυτό τους επιτρέπει να αιωρούνται στην ατμόσφαιρα για μεγάλο χρονικό διάστημα, ακόμη και να μεταφέρονται και να διαχέονται σε μακρινούς προορισμούς με αποτέλεσμα οι άνθρωποι και το περιβάλλον να μολύνονται στον ίδιο βαθμό [11].

Στον παρακάτω πίνακα μπορούμε να διακρίνουμε ανάλογα με το μέγεθος τους, σε τι μορφή συναντώνται τα αιωρούμενα σωματίδια στην ατμόσφαιρα:

Πίνακας 2.4.1: Μορφές PM στην ατμόσφαιρα με βάση το μέγεθος τους [11].

Τύπος	Μορφή ρύπου	Διάμετρος PM σε μm
Σωματιδιακοί ρύποι	Αιθαλομίχλη	0.01 – 1.0
	Αιθάλη	0.01 – 0.8
	Καπνός από τσιγάρα	0.01 – 1.0
	Ιπτάμενη τέφρα	1.0 – 100
	Σκόνη τσιμέντου	8 – 100
Βακτηριακοί ρύποι	Βακτήρια	0.7 – 10
	Ιοί	0.01 – 1.0
	Μύκητες και μούχλα	2.0 – 12.0
	Αλλεργιογόνα	0.1 – 100
Τύποι σκόνης	Ατμοσφαιρική σκόνη	0.01 – 1
	Βαριά σκόνη	100 – 1000
	Σκόνη καθίζησης	1 – 100
Αέρια	Διάφοροι αέριοι ρύποι	0.0001 – 0.01

2.4.1 Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία

Τα PM μπορούν να έχουν επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Αυτές οφείλονται είτε στην βραχυπρόθεσμη (οξεία) είτε στην μακροπρόθεσμη (χρόνια) έκθεση του ανθρώπου. Λόγω των μικροσκοπικών υγρών ή των στερεών σταγονιδίων που περιέχουν τα PM μπορούν να εισπνευστούν και να δημιουργήσουν σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία. Τα σωματίδια <math><10\mu\text{m}</math> είναι αυτά που μπορούν να εισχωρήσουν στους πνεύμονες και στην κυκλοφορία του αίματος ενώ τα <math><2.5</math> έχουν σοβαρότερο κίνδυνο για τον άνθρωπο λόγω της διείσδυσης στο αναπνευστικό σύστημα. Σύμφωνα με επιδημιολογικές μελέτες η χρόνια έκθεση στα PM οδηγεί σε χρόνια αναπνευστικά προβλήματα για όλες τις ηλικίες και μπορεί να επιδεινωθεί με καταστάσεις άσθματος με αποτέλεσμα αρρυθμίες, καρδιακή ανακοπή και πρόωρο θάνατο. Ωστόσο, οι συγκεκριμένες μελέτες λόγω των περιορισμών έρευνας που έχουν, δεν είναι αντιπροσωπευτικές για όλο το σύνολο του πληθυσμού. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα άτομα που ανήκουν στις ευπαθής ομάδες (άσθμα, πνευμονία, διαβήτη, αναπνευστικές και καρδιαγγειακές παθήσεις) είναι πιο ευάλωτα.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι επιπτώσεις που μπορούν να έχουν τα PM στο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου, ανάλογα με το μέγεθός τους:

Πίνακας 2.4.2: Επιπτώσεις PM στον άνθρωπο με βάση το μέγεθός τους [11].

Διάμετρος σωματιδίου (μm)	Βαθμός διείσδυσης στον ανθρώπινο αναπνευστικό σύστημα
>11 μm	Εισχώρηση στα ρουθούνια και στην ανώτερη αναπνευστική οδό
7 – 11 μm	Εισχώρηση στη ρινική κοιλότητα
4.7 – 7 μm	Εισχώρηση στον λάρυγγα
3.3 – 4.7 μm	Εισχώρηση στην τραχεία – βρογχική περιοχή
2.1 – 3.3 μm	Δευτερεύουσα εισχώρηση στην βρογχική περιοχή
1.1 – 2.1 μm	Τελική εισχώρηση στην βρογχική περιοχή
0.65 – 1.1 μm	Διεισδυτικότητα βρογχιολίων
0.43 – 0.65 μm	Διεισδυτικότητα κυψελίδων

2.4.2 Νομοθετικό Πλαίσιο

Λόγω των επιπτώσεων που αναφέρθηκαν στο παραπάνω κεφάλαιο υπάρχει έντονη ανάγκη για πρόληψη και αντιμετώπιση του προβλήματος των αιωρούμενων σωματιδίων και γενικότερα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Έτσι, από το 1970 πάρθηκαν τα πρώτα μέτρα της Ε.Ε. Υπάρχουν διάφορες νομοθεσίες για το φαινόμενο αυτό, τόσο από την Ευρωπαϊκή Ένωση όσο και από τις ΗΠΑ με στόχο την μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε ελεγχόμενα επίπεδα. Σύμφωνα με τις οδηγίες πλαίσιο της Ε.Ε. 96/62/EC και 2008/50/EC έχουμε:

Πίνακας 2.4.3 Οριακές τιμές PM_{10} (1ο στάδιο) [8].

ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ (PM_{10})			
<u>1^ο ΣΤΑΔΙΟ</u>			
Περίοδος αναφοράς	Οριακή τιμή	Περιθώριο ανοχής	Προθεσμία συμμόρφωσης ως προς την οριακή τιμή
24ωρη οριακή τιμή	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ των οποίων δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 35 φορές ανά ημερολογιακό έτος	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (50%) κατά την έναρξη ισχύος της οδηγίας, μειούμενο από 1/1/2001 και κατόπιν ανά 12 μήνες κατά ίσο ετήσιο ποσοστό, ώστε τελικά να φτάσει το 0% την 1/1/2005	1/1/2005
Ετήσια οριακή τιμή	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10}	8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (20%) κατά την έναρξη ισχύος της οδηγίας, μειούμενο από 1/1/2001 και κατόπιν ανά 12 μήνες κατά ίσο ετήσιο ποσοστό, ώστε τελικά να φτάσει το 0% την 1/1/2005	1/1/2005

Πίνακας 2.4.4 Οριακές τιμές PM₁₀ (2ο στάδιο)[8].

ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ (PM ₁₀) 2 ^ο ΣΤΑΔΙΟ			
Περίοδος αναφοράς	Οριακή τιμή	Περιθώριο ανοχής	Προθεσμία συμμόρφωσης ως προς την οριακή τιμή
24ωρη οριακή τιμή	50 µg/m ³ των οποίων δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 7 φορές ανά ημερολογιακό έτος	Θα υπολογιστεί βάσει δεδομένων και θα είναι ισοδύναμο με την οριακή τιμή του Σταδίου 1	1/1/2010
Ετήσια οριακή τιμή	20 µg/m ³ PM ₁₀	10 µg/m ³ (50%) την 1/1/2005 και κατόπιν ανά 12 μήνες κατά ίσο ετήσιο ποσοστό, ώστε τελικά να φτάσει το 0% την 1/1/2010	1/1/2010

Συνοπτικά, επιλεγμένα πρότυπα που έχει ορίσει η Ε.Ε. και κάποιες κατευθυντήριες γραμμές του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 2.4.5 Οριακές τιμές ρύπων- Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας [13].

Pollutant	Averaging period	EU Air Quality Directives			WHO Air Quality Guidelines				Comments	
		Objective	Concentration	Comments	Concentration					
					Interim targets					
1.	2.	3.	4.	AQG level						
PM _{2.5}	24-hour	Target value			75	50	37.5	25	15 µg/m ³	99th percentile (i.e. 3-4 exc. Days/year)
PM _{2.5}	Annual	Limit value	25 µg/m ³		35	25	15	10	5 µg/m ³	
PM _{2.5}	Annual	Indicative limit value	20 µg/m ³							
PM ₁₀	24-hour	Limit value	50 µg/m ³	Not to be exceeded on more than 35 days/year	150	100	75	50	45 µg/m ³	99th percentile (i.e. 3-4 exc. Days/year)
PM ₁₀	Annual	Limit value	40 µg/m ³		70	50	30	20	15 µg/m ³	
O ₃	Max. daily 8-hour mean	Target value	120 µg/m ³	Not to be exceeded on more than 25 days/year (averaged over 3 years)						
O ₃	Max. daily 8-hour mean	Long-term objective	120 µg/m ³							
O ₃	8-hour	Target value			160	120	-	-	100 µg/m ³	99th percentile (i.e. 3-4 exc. Days/year)
O ₃	Peak season ^a	Target value			100	70	-	-	60 µg/m ³	
NO ₂	Hourly	Limit value	200 µg/m ³	Not to be exceeded on more than 18 hours/year					200 µg/m ³	
NO ₂	Annual	Limit value	40 µg/m ³		40	30	20	-	10 µg/m ³	99th percentile (i.e. 3-4 exc. Days/year)
NO ₂	24-hour	Target value			120	50	-	-	25 µg/m ³	
SO ₂	Hourly	Limit value	350 µg/m ³	Not to be exceeded on more than 24 hours/year						
SO ₂	24-hour	Limit value	125 µg/m ³	Not to be exceeded on more than 3 days/year	125	50	-	-	40 µg/m ³	99th percentile (i.e. 3-4 exc. Days/year)
CO	Max. daily 8-hour mean	Limit value	10 mg/m ³						10 mg/m ³	
CO	24-hour	Target value			7	-	-	-	4 mg/m ³	99th percentile (i.e. 3-4 exc. Days/year)
C ₆ H ₆	Annual	Limit value	5 µg/m ³						1,7 µg/m ³	
BaP	Annual	Target value	1 ng/m ³	Measured as content in PM ₁₀						Reference level
Pb	Annual	Limit value	0,5 µg/m ³	Measured as content in PM ₁₀					0,5 µg/m ³	Reference level
As	Annual	Target value	6 ng/m ³	Measured as content in PM ₁₀					6,6 ng/m ³	
Cd	Annual	Target value	5 ng/m ³	Measured as content in PM ₁₀					5 ng/m ³	Reference level
Ni	Annual	Target value	20 ng/m ³	Measured as content in PM ₁₀					25 ng/m ³	

Τέλος, όσον αφορά το υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας στην Ελλάδα βασισμένο στα Ευρωπαϊκά πρότυπα έχουμε τις εξής οδηγίες:

- Οδηγία 2008/50/EK για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη (ΚΥΑ ΗΠ 14122/549/Ε103, ΦΕΚ 488Β/30.3.11).
- Οδηγία 2015/1480/EK για την τροποποίηση ορισμένων παραρτημάτων των οδηγιών του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου 2004/107/EK και

2008/50/ΕΚ, οι οποίες ορίζουν τους κανόνες σχετικά με τις μεθόδους αναφοράς, την επικύρωση των δεδομένων και την τοποθεσία των σημείων δειγματοληψίας για την εκτίμηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα (ΚΥΑ 174505/607, ΦΕΚ 1311Β/13.4.17) [14].

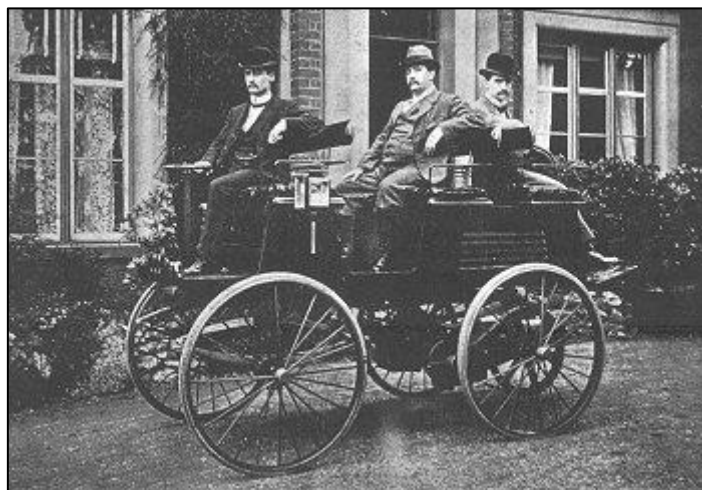
- ΚΥΑ 70601 (ΦΕΚ 3272Β/23.12.13), Βραχυπρόθεσμα σχέδια δράσης για την αντιμετώπιση ατμοσφαιρικής ρύπανσης από αιωρούμενα σωματίδια.
- Κ.Υ.Α 11824 (ΦΕΚ 369Β/24.5.93), Έκτακτα μέτρα για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην περιοχή της πρωτεύουσας, όπως ισχύει κατόπιν τροποποίησής της με την ΚΥΑ ΗΠ 14122/549/Ε103, ΦΕΚ 488Β/30.3.11 [15].

Στόχοι του ΥΠΕΝ είναι για το διάστημα 2020-2029 είναι να έχουμε μία μείωση των εκπομπών της τάξης του 35% με βάση το έτος αναφοράς 2005 και για το 2030 είναι να έχουμε μία μείωση των εκπομπών της τάξης του 50% με βάση το έτος αναφοράς 2005 [4].

3. Ηλεκτροκίνηση

3.1 Εισαγωγή

Το πρώτο όχημα ηλεκτροκίνησης εμφανίστηκε το 1830 από τον Robert Anderson όταν δημιούργησε ένα ηλεκτρικό βαγόνι. Την εποχή αυτή, όλα τα είδη ηλεκτρικών οχημάτων εφαρμόζονταν πάνω σε ράγες και χρησιμοποιούσαν μπαταρίες μίας χρήσης. Το 1884 ο βρετανός Thomas Parker δημιούργησε το πρώτο επαναφορτιζόμενη μπαταρίας ηλεκτρικό όχημα. Κατά την δεκαετία του 90 η ηλεκτροκίνηση αποκτά μεγάλη άνοδο κυρίως στην Αμερική, αφού άρχισε να δίνεται βαρύτητα τόσο στην αύξηση της απόδοσης όσο και στην βελτίωση της περιβαλλοντικής της συμπεριφοράς. Τέλος, από το 2008 έως και σήμερα η Tesla και η Nissan διαθέτουν τα πλέον πιο εξελιγμένα ηλεκτροκίνητα οχήματα στην ιστορία [16,17].



Εικόνα 3.1.1 Πρώτο ηλεκτρικό όχημα (Parker 1884) [18].

Όπως έχει αναφερθεί μια από τις σημαντικότερες πηγές ρύπανσης της ατμόσφαιρας είναι οι μεταφορές. Για αυτό τον λόγο η ηλεκτροκίνηση έχει συμβάλει σε μεγάλο βαθμό στην αντιμετώπιση του συγκεκριμένου φαινομένου. Αποτελεί μια χρήσιμη λύση στην μείωση των καυσαερίων και είναι πολύ φιλική ως προς το περιβάλλον [19].

Γενικότερα, η ηλεκτροκίνηση αποτελεί μία τεχνολογία, με μεγάλες προοπτικές, καθώς μπορεί να συμβάλει σε μεγάλο βαθμό στην αντιμετώπιση του φαινομένου της αέριας ρύπανσης. Συγκεκριμένα τα ηλεκτρικά οχήματα δεν έχουν εκπομπές, δεν καταναλώνουν ποσότητες οξυγόνου, και το γεγονός ότι δεν έχουν εξάτμιση συμβάλει στην μη ανάδευση σκόνης στους δρόμους. Μπορεί να επηρεάσει τόσο την οικονομία όσο και την εξοικονόμηση της ενέργειας, βελτιώνοντας παράλληλα την ανθρώπινη ζωή. Το γεγονός ότι τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν μηδενικές εκπομπές, σε σύγκριση με τα οχήματα συμβατικών καυσίμων, όταν συνδυάζονται από την παραγωγή

ηλεκτρικής ενέργειας, μέσω ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, μπορούν να δημιουργήσουν ένα νέο περιβάλλον, πιο φιλικό και πιο βιώσιμο. Πρότυπα αποτελούν τόσο η Νορβηγία όσο και η Ολλανδία, με έναν μεγάλο αριθμό επενδύσεων στο χώρο. Δυστυχώς στη χώρα μας, η ηλεκτροκίνηση βρίσκεται σε εξαιρετικά, πρώιμο στάδιο. Βασικός παράγοντας, η έλλειψη υποδομών [20].



Εικόνα 3.1.2 Ηλεκτροκίνηση και Περιβάλλον [21].

3.2 Ορισμός και κατηγορίες Ηλεκτροκίνητων οχημάτων

Σύμφωνα με την ΚΥΑ 42863/438/2019 - ΦΕΚ 2040/ Β/4-6-2019 ως «ηλεκτρικό ή ηλεκτροκίνητο όχημα (ΗΟ)» ορίζεται κάθε: «μηχανοκίνητο όχημα εξοπλισμένο με σύστημα μετάδοσης της κίνησης το οποίο περιέχει τουλάχιστον μία μη περιφερειακή (εξωτερική, βοηθητική) ηλεκτρική μηχανή ως μετατροπέα ενέργειας με ηλεκτρικό επαναφορτιζόμενο σύστημα αποθήκευσης ενέργειας, το οποίο μπορεί να επαναφορτίζεται εξωτερικά» [16].

Τα ηλεκτρικά οχήματα σύμφωνα με την παραπάνω διάταξη διακρίνονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

- 1) «Αμιγώς ηλεκτρικό όχημα» (PEV): Διαθέτει αποκλειστικά συσσωρευτές χωρίς μηχανή εσωτερικής καύσης για την μετατροπή της ενέργειας με μια απόδοση 90%.
- 2) «Υβριδικό ηλεκτρικό όχημα εξωτερικής φόρτισης» (OVCHEV): Πρόκειται για υβριδικό ηλεκτρικό όχημα το οποίο έχει τουλάχιστον έναν ηλεκτροκινητήρα για μετατροπή ενέργειας και μπορεί να επαναφορτιστεί εξωτερικά.
- 3) «Υβριδικό όχημα κυψέλης καυσίμου» (FCHV): Διαθέτει κυψέλες καυσίμου εξοπλισμένες με σύστημα μετάδοσης ισχύος που περιλαμβάνει τουλάχιστον ένα σύστημα αποθήκευσης καυσίμου και τουλάχιστον ένα επαναφορτιζόμενο σύστημα [16].

3.3 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα ηλεκτροκίνησης

Τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν πολλά πλεονεκτήματα στον τομέα του περιβάλλοντος, της υγείας και της κοινωνίας. Ενδεικτικά τα βασικά οφέλη είναι τα εξής [22]:

- **Ενεργειακή αποτελεσματικότητα:** Τα ΗΟ είναι πολύ πιο αποτελεσματικά από οχήματα συμβατικών καυσίμων.
- **Ασφάλεια:** Μας παρέχουν ενεργειακή ασφάλεια κυρίως λόγω της μείωσης της χρήσης των ορυκτών καυσίμων τα οποία είναι ακριβότερα και μη φιλικά προς το περιβάλλον.
- **Μείωση ατμοσφαιρικής ρύπανσης:** Ιδιαίτερα σε πυκνοκατοικημένες περιοχές η ηλεκτροκίνηση μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην μείωση των εκπομπών αερίων. Ακόμα, συμμετέχει στην μείωση των αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου.
- **Μείωση της ηχορύπανσης:** Όπως είναι φυσικό τα οχήματα που χρησιμοποιούν μηχανές εσωτερικής καύσης παράγουν πολύ υψηλότερα επίπεδα θορύβου σε σχέση με τα ηλεκτροκίνητα.
- **Βιομηχανική ανάπτυξη:** Τα Η/Ο κατέχουν πρωταγωνιστικό ρόλο στην μείωση του κόστους (αξίας) της μπαταρίας, που αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα ανταγωνισμού μεταξύ των βιομηχανιών.

Ορισμένα μειονεκτήματα της ηλεκτροκίνησης είναι [23]:

- **Χρόνος ανεφοδιασμού:** Απαιτείται χρόνος για να επαναφορτιστεί ένα ηλεκτροκίνητο όχημα. Μια μπαταρία μπορεί να χρειαστεί από 7 έως 16 ώρες για να φορτιστεί σε αργή φόρτιση ενώ σε σταθμούς γρήγορης φόρτισης χρειάζεται περίπου 30-40 λεπτά.
- **Κόστος αγοράς και αντικατάσταση μπαταριών:** Το κόστος των Η/Ο είναι μεγαλύτερο από τα οχήματα συμβατικών καυσίμων. Παρόλα αυτά αναμένεται μείωση του κόστους τους τα επόμενα χρόνια σχεδόν ίδιας αξίας με τα συμβατικά. Οι μπαταρίες αποδίδουν το 100% για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Με την φυσική φθορά της μπαταρίας η εργοστασιακή εγγύηση εκτιμάται στο 70% για τα επόμενα 8 χρόνια.

4. Μελέτη περίπτωσης- Case study

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιείται μελέτη της ποιότητας του αέρα, σε μία καμπύνα ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου, σε ορισμένες διαδρομές που πραγματοποιούνται σε ένα συνολικό διάστημα 8 μηνών. Οι μετρήσεις λήφθηκαν με τη βοήθεια ενός αισθητήρα χαμηλού κόστους. Πιο συγκεκριμένα, θα μελετηθούν τα αιωρούμενα σωματίδια ($PM_{1.0}$, $PM_{2.5}$, $PM_{10.0}$) και θα αναζητηθεί επιπλέον η επίδραση, του κλιματισμού και των παραθύρων (ανοιχτά ή κλειστά), στην συγκέντρωσή τους.

4.1 Όχημα μελέτης - Eco Car

Το Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής διαθέτει ένα ηλεκτροκίνητο όχημα Jiayuan City Spirits κατασκευασμένο στην Κίνα, που εισάγεται στην Ελλάδα μέσω της εταιρίας Eco-Car. Το συγκεκριμένο όχημα χρησιμοποιείται αποκλειστικά για τη μεταφορά του μόνιμου εκπαιδευτικού προσωπικού του Ιδρύματος, καθώς και για ερευνητικούς σκοπούς, όπως είναι και η παρούσα μελέτη.



Εικόνα 4.1.1 Eco-Car.

Το Eco-car City έχει μήκος 225 cm, πλάτος 130 cm και ύψος 157 cm. Η μέγιστη ταχύτητα του είναι τα 80 km/h. Διαθέτει κινητήρα AC Motor και ισχύς από 3 έως 7.5kW. Έχει ονομαστική τάση που ανήκει στο διάστημα από 60-72 V με μπαταρίες λιθίου και αυτονομία από 100 έως 300km (Εικόνα 4.1.2) [24].

	AC Motor	AC Motor
Κινητήρας	3kW	7,5kW
Ισχύς (kW)	60V	72V
Όνομαστική Τάση (V)	Λιθίου	Λιθίου
Μπαταρία	100km - 300km	100km - 300km
Αυτονομία	7,5-21 kWh	7,5-21 kWh
Χωρητικότητα	Απλή Πρίζα Schuko	Απλή Πρίζα Schuko
Τύπος Φορτιστή	230V	230V
Τάση Φόρτισης		




Εικόνα 4.1.2 Χαρακτηριστικά Eco-Car [24].

4.2 Αισθητήρας Purple Air

Για την μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε συλλογή των δεδομένων με τη βοήθεια ενός αισθητήρα χαμηλού κόστους της Purple Air, ο οποίος έχει τοποθετηθεί στο εσωτερικό της καμπίνας του οχήματος.



Εικόνα 4.2.1 Αισθητήρας Purple Air [25].

Πρόκειται για μία συσκευή η οποία κατασκευάστηκε από την συγκεκριμένη εταιρία και έχει τη δυνατότητα να μετράει σε πραγματικό χρόνο τις συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων για οικιακή, εμπορική ή βιομηχανική χρήση, σε εσωτερικούς ή εξωτερικούς χώρους.

Το ενσωματωμένο WiFi δίνει τη δυνατότητα στη συσκευή να μεταδίδει δεδομένα σε χάρτη PurpleAir Map σε πραγματικό χρόνο, τα οποία είναι εφικτό να αποθηκευτούν και να διατεθούν σε οποιαδήποτε έξυπνη συσκευή. Οι αισθητήρες αυτοί, μπορούν να χρησιμοποιηθούν από ένα ευρύ φάσμα ομάδων ή ατόμων όπως είναι, τα σχολεία & τα πανεπιστήμια, οι βιομηχανικοί & οι εμπορικοί οργανισμοί, καθώς και οι απλοί χρήστες.

Το πλεονέκτημα έναντι άλλων παρόμοιων τεχνολογιών είναι το χαμηλό τους κόστος το οποίο τα καθιστά εύκολα προσβάσιμα ακόμη και στο απλό κοινό. Με αυτό τον τρόπο, επιτυγχάνεται η εύκολη αξιολόγηση του προβλήματος των αιωρούμενων

σωματιδίων, για οποιαδήποτε πειραματική μελέτη, σχετική με την ποιότητα του αέρα [25].

Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο PurpleAir Flex Air Quality Monitor (85 mm x 85 mm x 125 mm) με τα εξής βασικά χαρακτηριστικά [25]:

- Αισθητήρας σωματιδίων νέας γενιάς PurpleAir - Ενσωματωμένο LED RGB.
- Διπλοί μετρητές σωματιδίων λέιζερ (PMS-6003).
- Αισθητήρας πίεσης, θερμοκρασίας, υγρασίας και αερίων (BME688).
- Ενσωματωμένη κάρτα καταγραφής SD.
- Ρολόι πραγματικού χρόνου για τη λήψη δεδομένων και εκτός σύνδεσης.
- Συνδεσιμότητα με WiFi με δεδομένα στο cloud.

Τα μετρητικά χαρακτηριστικά είναι τα εξής:

- Range of measurement: 0.3, 0.5, 1.0, 2.5, 5.0, & 10 μm .
- Counting efficiency: 50% για 0.3 μm & 98% για $\geq 0.5\mu\text{m}$
- Effective range: 0 έως 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Maximum range: $\geq 1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$

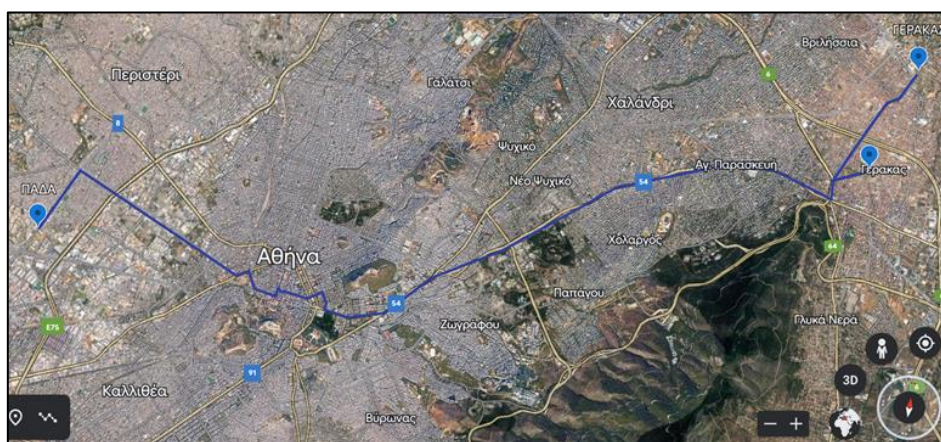


Εικόνα 4.2.2 PurpleAir Flex Quality Monitor [25].

4.3 Περιοχές Έρευνας

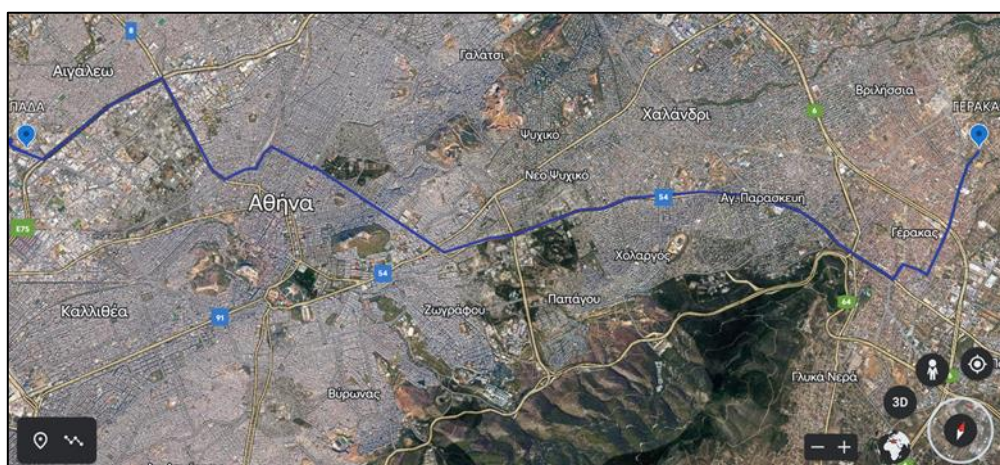
Το Eco-Car που χρησιμοποιήθηκε στην μελέτη της ποιότητας της ατμόσφαιρας μέσα στην καμπίνα, πραγματοποιούσε διαδρομές μόνο τις εργάσιμες μέρες (Δευτέρα-Παρασκευή), σε διάστημα 8 μηνών, από τον Νοέμβριο του 2022 έως τον Ιούνιο του 2023. Οι περιοχές έρευνας ήταν το Αιγάλεω, το Σύνταγμα, η Αγία Παρασκευή, ο Γέρακας, ο Κολωνός και η Νέα Ιωνία. Η βασική διαδρομή ήταν από το Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής (Αιγάλεω) μέχρι την περιοχή του Γέρακα μέσω του κέντρου της Αθήνας και το αντίστροφο.

Πιο αναλυτικά, το όχημα για την διαδρομή ΠΑΔΑ- Γέρακας ακολουθούσε την εξής πορεία: Οδός Θηβών - Ιερά Οδός - Πειραιώς - Θερμοπυλών - Ερμού - Κολοκοτρώνη - Ακαδημίας - Β. Σοφίας - Λ. Μεσογείων - Λ. Γέρακα.



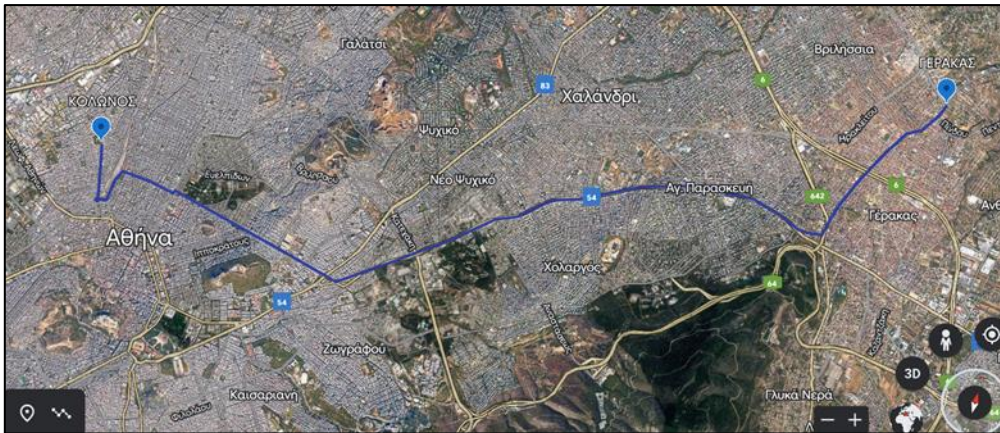
Εικόνα 4.3.1 Διαδρομή ΠΑΔΑ προς Γέρακα [26].

Ενώ για επιστροφή Γέρακας - ΠΑΔΑ το όχημα ακολουθούσε την εξής πορεία: Λ. Γέρακα - Λ. Μεσογείων - Λ. Αλεξάνδρας - Ιουλιανού - Λ. Αθηνών - Λ. Κηφισού - Π. Ράλλη - ΠΑΔΑ.

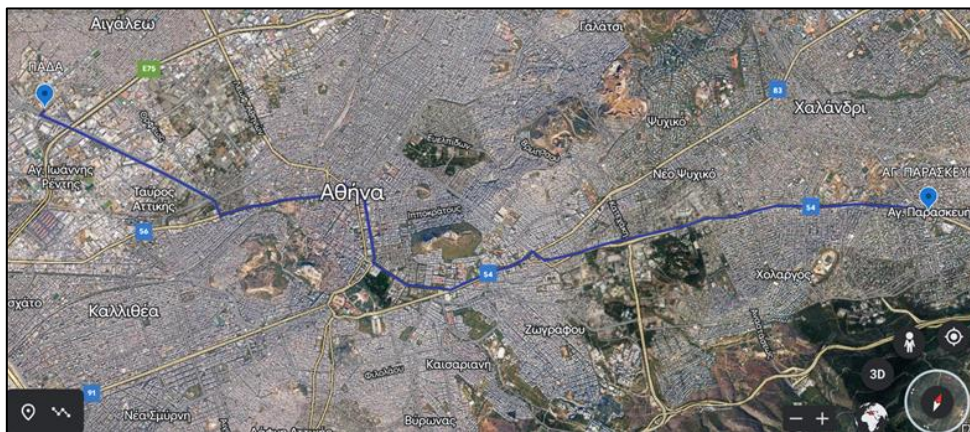


Εικόνα 4.3.2 Διαδρομή Γέρακα προς ΠΑΔΑ [26].

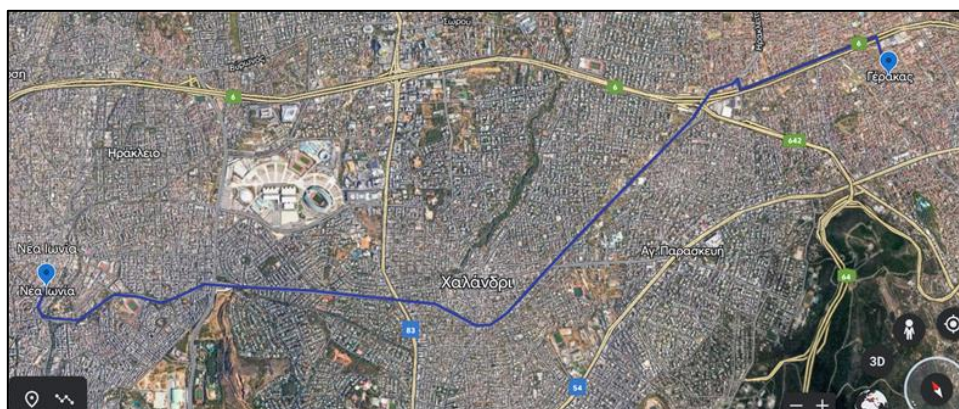
Ωστόσο, υπήρχαν και κάποιες διαφοροποιημένες διαδρομές οι οποίες συμπεριλάμβαναν τις περιοχές Κολωνό, Νέα Ιωνία και Αγία Παρασκευή.



Εικόνα 4.3.3 Διαδρομή Κολωνός - Γέρακα [26].

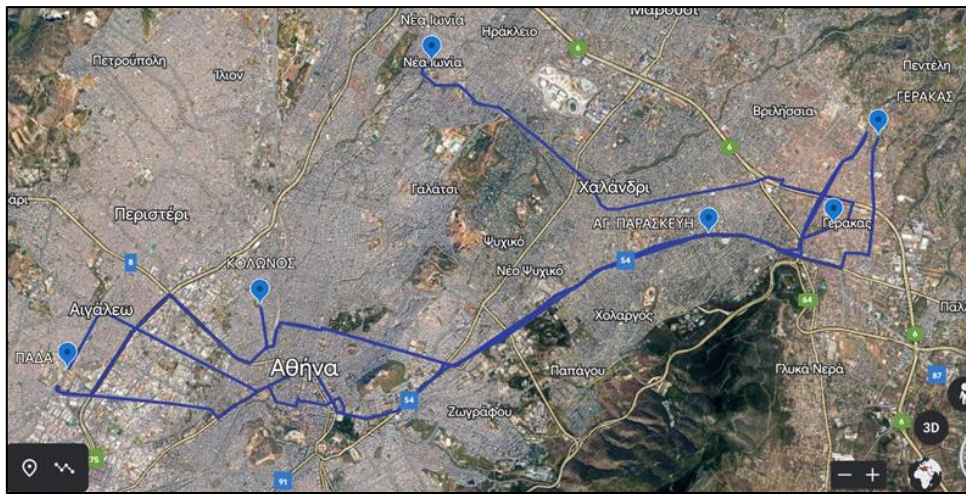


Εικόνα 4.3.4 Διαδρομή ΠΑΔΑ - Αγία Παρασκευή [26].



Εικόνα 4.3.5 Διαδρομή Νέα Ιωνία - Γέρακας [26].

Έτσι, η συνολική περιοχή έρευνας των διαδρομών φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 4.3.6).



Εικόνα 4.3.6 Συνολικές διαδρομές όλης της περιοχής έρευνας [26].

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι η κάθε διαδρομή είχε διαφορετικές συνθήκες όπως η λειτουργία θέρμανσης - κλιματισμού ή όχι, τα ανοιχτά ή κλειστά παράθυρα, ο αριθμός των επιβατών, καθώς φυσικά και οι εξωτερικές καιρικές συνθήκες. Κανένας από τους επιβάτες δεν κάπνιζε κατά την διάρκεια των διαδρομών.

5. Μεθοδολογία Έρευνας

5.1 Δεδομένα

Κατά την διάρκεια του 8-μήνου το ηλεκτροκίνητο όχημα πραγματοποιούσε τις διαδρομές που αναλύθηκαν στο 4^ο κεφάλαιο. Ο αισθητήρας Purple Air λάμβανε μετρήσεις **ανά δύο λεπτά** σε κάθε διαδρομή. Η συσκευή περιλαμβάνει δύο κανάλια μέτρησης καθώς και δυνατότητα μέτρησης περιβαλλοντικών δεδομένων. Αναλυτικά λοιπόν τα δεδομένα που μας δίνει η συσκευή φαίνονται στον παρακάτω **πίνακα (5.1.1)**:

Πίνακας 5.1.1 PurpleAir Data [25].

Date	Ημερομηνία συλλογής των δεδομένων.
Time	Ωρα συλλογής των δεδομένων.
firmware_ver	Τελευταία έκδοση υλικολογισμικού της συσκευής.
hardware	Αισθητήρες και υλικό που εντοπίστηκαν από το firmware.
current_temp_f	Θερμοκρασία στο εσωτερικό του περιβλήματος του αισθητήρα (F). Κατά μέσο όρο, αυτή είναι κατά 8 F υψηλότερη από τις συνθήκες περιβάλλοντος. Μηδέν εάν δεν είναι εξοπλισμένο.
current_humidity	Σχετική υγρασία στο εσωτερικό του περιβλήματος του αισθητήρα (%). Κατά μέσο όρο, είναι 4% χαμηλότερη από τις συνθήκες περιβάλλοντος. Μηδέν εάν δεν είναι εξοπλισμένο.
pressure	Τρέχουσα πίεση σε Millibars.
adc	Αναλογική τάση στην είσοδο της πλακέτας ελέγχου του αισθητήρα.
mem	Ελεύθερη Μνήμη (Kb).
rssi	Η ισχύς του σήματος WiFi.
uptime	Ο χρόνος σε λεπτά από την έναρξη λειτουργίας του υλικολογισμικού, όπως αναφέρθηκε για τελευταία φορά από τον αισθητήρα.
pm1_0_cf_1	Συγκέντρωση pm1 από το κανάλι 1.
pm2_5_cf_1	Συγκέντρωση pm2,5 από το κανάλι 1.
pm10_0_cf_1	Συγκέντρωση pm10 από το κανάλι 1.

pm1_0_atm	Συγκέντρωση pm1 από το κανάλι 1 (ατμοσφαιρικό).
pm2_5_atm	Συγκέντρωση pm2.5 από το κανάλι 1 (ατμοσφαιρικό).
pm10_0_atm	Συγκέντρωση pm10 από το κανάλι 1 (ατμοσφαιρικό).
pm2.5_aqi_cf_1	Δείκτης ποιότητας αέρα με βάση τα PM _{2.5} από το κανάλι 1.
pm2.5_aqi_atm	Δείκτης ποιότητας αέρα με βάση τα PM _{2.5} (ατμοσφαιρικό) από το κανάλι 1.
p_0_3_um	Συγκέντρωση σωματιδίων ανά 100 ml (Σωματίδια μεγαλύτερα των 0.3 μm) από το κανάλι 1.
p_0_5_um	Συγκέντρωση σωματιδίων ανά 100 ml (Σωματίδια μεγαλύτερα των 0.5 μm) από το κανάλι 1.
p_1_0_um	Συγκέντρωση σωματιδίων ανά 100 ml (Σωματίδια μεγαλύτερα των 1 μm) από το κανάλι 1.
p_2_5_um	Συγκέντρωση σωματιδίων ανά 100 ml (Σωματίδια μεγαλύτερα των 2.5 μm) από το κανάλι 1.
p_5_0_um	Συγκέντρωση σωματιδίων ανά 100 ml (Σωματίδια μεγαλύτερα των 5 μm) από το κανάλι 1.
p_10_0_um	Συγκέντρωση σωματιδίων ανά 100 ml (Σωματίδια μεγαλύτερα των 10 μm) από το κανάλι 1.
pm1_0_cf_1_b	Συγκέντρωση PM ₁ από το κανάλι 2.
pm2_5_cf_1_b	Συγκέντρωση PM _{2,5} από το κανάλι 2.
pm10_0_cf_1_b	Συγκέντρωση PM ₁₀ από το κανάλι 2.
pm1_0_atm_b	Συγκέντρωση PM ₁ από το κανάλι 2 (ατμοσφαιρικό).
pm2_5_atm_b	Συγκέντρωση PM _{2,5} από το κανάλι 2 (ατμοσφαιρικό).
pm10_0_atm_b	Συγκέντρωση PM ₁₀ από το κανάλι 2 (ατμοσφαιρικό).
pm2.5_aqi_cf_1_b	Δείκτης ποιότητας αέρα με βάση τα PM _{2.5} από το κανάλι 2.
pm2.5_aqi_atm_b	Δείκτης ποιότητας αέρα με βάση τα PM _{2.5} (ατμοσφαιρικό) από το κανάλι 2.
p_0_3_um_b	Συγκέντρωση σωματιδίων ανά 100 ml (Σωματίδια μεγαλύτερα των 0.3 μm) από το κανάλι 2.
p_0_5_um_b	Συγκέντρωση σωματιδίων ανά 100 ml (Σωματίδια μεγαλύτερα των 0.5 μm) από το κανάλι 2.

p_1_0_um_b	Συγκέντρωση σωματιδίων ανά 100 ml (Σωματίδια μεγαλύτερα των 1 μm) από το κανάλι 2
p_2_5_um_b	Συγκέντρωση σωματιδίων ανά 100 ml (Σωματίδια μεγαλύτερα των 2.5 μm) από το κανάλι 2
p_5_0_um_b	Συγκέντρωση σωματιδίων ανά 100 ml (Σωματίδια μεγαλύτερα των 5 μm) από το κανάλι 2
p_10_0_um_b	Συγκέντρωση σωματιδίων ανά 100 ml (Σωματίδια μεγαλύτερα των 10 μm) από το κανάλι 2

➤ Για την παρούσα διπλωματική εργασία επιλέχθηκαν τα εξής δεδομένα:

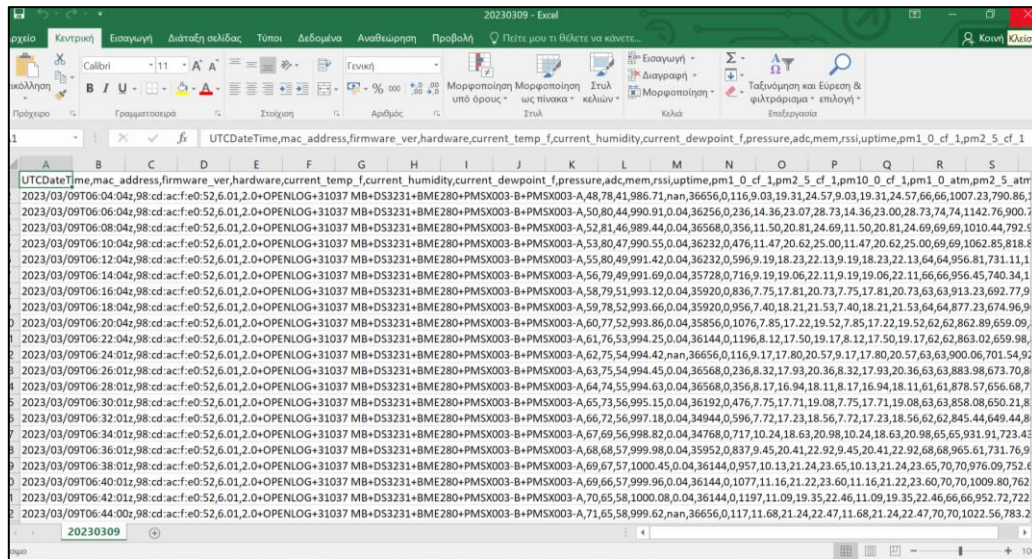
Πίνακας 5.1.2 Επιλεγμένα δεδομένα PA – II.

Date	pm1_0_cf_1
Time	pm2_5_cf_1
current_temp_f	pm10_0_cf_1
current_humidity	pm1_0_cf_1_b
pressure	pm2_5_cf_1_b
current_dewpoint_f	pm10_0_cf_1_b

5.2 Επεξεργασία μετρήσεων

Στην συγκεκριμένη διπλωματική μελέτη ακολουθήθηκαν τα εξής βήματα επεξεργασίας των μετρήσεων:

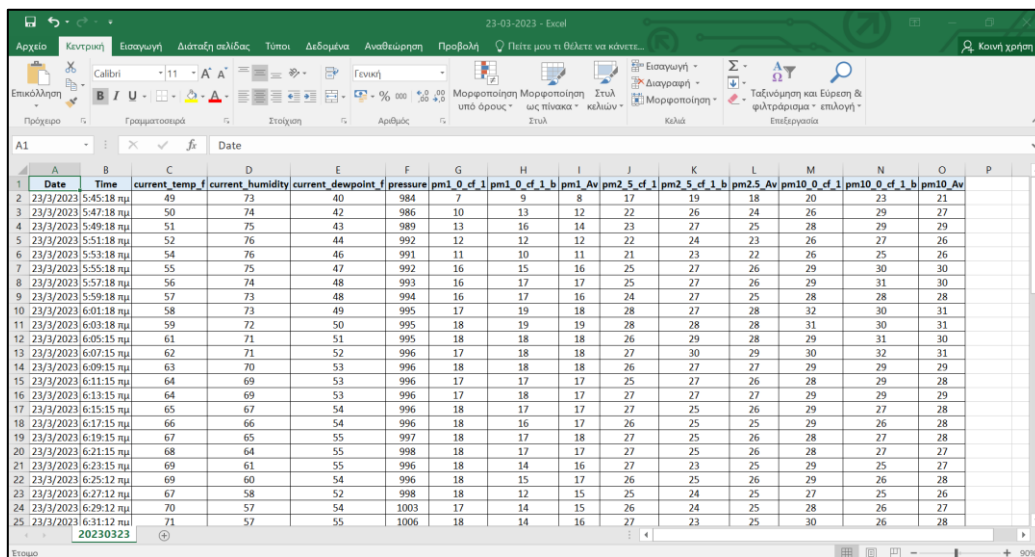
ΒΗΜΑ 1: Συλλογή των δεδομένων των διαδρομών από το όργανο και αποθήκευση στον υπολογιστή σε αρχείο «.csv» ανά ημέρα.



UTCDate	Time	mac_address	firmware_ver	hardware	current_temp_f	current_humidity	current_dewpoint_f	pressure	adc	mem	rssi	uptime	pm1_0_cf_1	pm2_5_cf_1	pm10_0_cf_1	pm1_0_atm	pm2_5_atm	pm10_0_atm
2023/03/09	04:04	98.cd.ac.f:e052.6.01.2.0	OPENLOG+31037 MB+DS3231+BME280+PMSX003-B	PMSX003-A	48,78	41,986	71,nan	36656,0	116,9	03,19	31,24	57,03	19,31	24,57	66,66	1007,23	790,86	1
2023/03/09	06:04	98.cd.ac.f:e052.6.01.2.0	OPENLOG+31037 MB+DS3231+BME280+PMSX003-B	PMSX003-A	50,80	44,990	91,0	04,36256	0,236	14,36	23,07	28,73	14,36	23,00	28,73	74,74	1142,76	900,7
2023/03/09	08:04	98.cd.ac.f:e052.6.01.2.0	OPENLOG+31037 MB+DS3231+BME280+PMSX003-B	PMSX003-A	52,81	46,989	44,0	04,36568	0,356	11,50	20,81	24,69	11,50	20,81	24,69	69,69	1010,44	792,5
2023/03/09	10:04	98.cd.ac.f:e052.6.01.2.0	OPENLOG+31037 MB+DS3231+BME280+PMSX003-B	PMSX003-A	53,80	47,990	55,0	04,36232	0,476	11,47	20,62	25,00	11,47	20,62	25,00	69,69	1062,85	818,8
2023/03/09	12:04	98.cd.ac.f:e052.6.01.2.0	OPENLOG+31037 MB+DS3231+BME280+PMSX003-B	PMSX003-A	55,80	49,991	42,0	04,36232	0,596	9,19	18,23	22,13	9,19	18,23	22,13	64,64	956,81	731,11
2023/03/09	14:04	98.cd.ac.f:e052.6.01.2.0	OPENLOG+31037 MB+DS3231+BME280+PMSX003-B	PMSX003-A	56,79	49,991	69,0	04,35728	0,716	9,19	19,06	22,11	9,19	19,06	22,11	66,66	956,45	740,34
2023/03/09	16:04	98.cd.ac.f:e052.6.01.2.0	OPENLOG+31037 MB+DS3231+BME280+PMSX003-B	PMSX003-A	58,79	51,993	12,0	04,35920	0,836	7,75	17,81	20,73	7,75	17,81	20,73	63,63	913,23	692,77
2023/03/09	18:04	98.cd.ac.f:e052.6.01.2.0	OPENLOG+31037 MB+DS3231+BME280+PMSX003-B	PMSX003-A	59,78	52,993	66,0	04,35920	0,956	7,40	18,21	21,53	7,40	18,21	21,53	64,64	877,23	674,96
2023/03/09	20:04	98.cd.ac.f:e052.6.01.2.0	OPENLOG+31037 MB+DS3231+BME280+PMSX003-B	PMSX003-A	60,77	52,993	86,0	04,35856	0,1076	7,85	17,22	19,52	7,85	17,22	19,52	62,62	863,89	659,98
2023/03/09	22:04	98.cd.ac.f:e052.6.01.2.0	OPENLOG+31037 MB+DS3231+BME280+PMSX003-B	PMSX003-A	61,76	53,994	25,0	04,36144	0,1196	8,12	17,50	19,17	8,12	17,50	19,17	62,62	863,89	659,98
2023/03/09	24:01	98.cd.ac.f:e052.6.01.2.0	OPENLOG+31037 MB+DS3231+BME280+PMSX003-B	PMSX003-A	62,75	54,994	42,nan	36656,0	116,9	17,80	20,57	9,17	17,80	20,57	63,63	900,06	701,54	92
2023/03/09	26:01	98.cd.ac.f:e052.6.01.2.0	OPENLOG+31037 MB+DS3231+BME280+PMSX003-B	PMSX003-A	63,75	54,994	45,0	04,36568	0,236	8,32	17,93	20,36	8,32	17,93	20,36	63,63	883,98	673,70
2023/03/09	28:01	98.cd.ac.f:e052.6.01.2.0	OPENLOG+31037 MB+DS3231+BME280+PMSX003-B	PMSX003-A	64,74	55,994	63,0	04,36568	0,356	8,17	16,94	18,11	8,17	16,94	18,11	61,61	878,57	656,68
2023/03/09	30:01	98.cd.ac.f:e052.6.01.2.0	OPENLOG+31037 MB+DS3231+BME280+PMSX003-B	PMSX003-A	65,73	56,995	15,0	04,36192	0,476	7,75	17,19	19,08	7,75	17,19	19,08	63,63	858,08	650,21
2023/03/09	32:01	98.cd.ac.f:e052.6.01.2.0	OPENLOG+31037 MB+DS3231+BME280+PMSX003-B	PMSX003-A	66,72	56,999	18,0	04,34944	0,596	7,72	17,23	18,56	7,72	17,23	18,56	62,62	845,44	649,44
2023/03/09	34:01	98.cd.ac.f:e052.6.01.2.0	OPENLOG+31037 MB+DS3231+BME280+PMSX003-B	PMSX003-A	67,69	56,998	82,0	04,34768	0,717	10,24	18,63	20,98	10,24	18,63	20,98	65,65	931,91	723,45
2023/03/09	36:01	98.cd.ac.f:e052.6.01.2.0	OPENLOG+31037 MB+DS3231+BME280+PMSX003-B	PMSX003-A	68,68	57,999	98,0	04,35952	0,837	9,45	20,41	22,92	9,45	20,41	22,92	68,68	965,61	731,76
2023/03/09	38:01	98.cd.ac.f:e052.6.01.2.0	OPENLOG+31037 MB+DS3231+BME280+PMSX003-B	PMSX003-A	69,67	57,1000	45,0	04,36144	0,957	10,13	21,24	23,65	10,13	21,24	23,65	70,70	976,09	752,6
2023/03/09	40:01	98.cd.ac.f:e052.6.01.2.0	OPENLOG+31037 MB+DS3231+BME280+PMSX003-B	PMSX003-A	69,66	57,999	96,0	04,36144	0,1077	11,16	21,22	23,60	11,16	21,22	23,60	70,70	1009,80	762
2023/03/09	42:01	98.cd.ac.f:e052.6.01.2.0	OPENLOG+31037 MB+DS3231+BME280+PMSX003-B	PMSX003-A	70,65	58,1000	08,0	04,36144	0,1197	11,09	19,35	22,46	11,09	19,35	22,46	66,66	952,72	722
2023/03/09	44:00	98.cd.ac.f:e052.6.01.2.0	OPENLOG+31037 MB+DS3231+BME280+PMSX003-B	PMSX003-A	71,65	58,999	62,nan	36656,0	117,11	68,21	24,22	47,11	68,21	24,22	47,11	68,68	1022,56	783,2

Εικόνα 5.2.1 Στιγμιότυπο οθόνης από την αρχική μορφή δεδομένων «.csv».

ΒΗΜΑ 2: Μετατροπή των αρχείων «.csv» σε «.xlsx», ταξινόμηση ανά ημέρα, για κάθε μήνα και υπολογισμός της μέσης τιμής ανά ρύπο (PM₁, PM_{2.5}, PM₁₀) από τα 2 κανάλια καταγραφής δεδομένων για κάθε ημέρα του μήνα.



Date	Time	current_temp_f	current_humidity	current_dewpoint_f	pressure	pm1_0_cf_1	pm1_0_cf_1_b	pm1_Av	pm2_5_cf_1	pm2_5_cf_1_b	pm2_5_Av	pm10_0_cf_1	pm10_0_cf_1_b	pm10_Av
23/3/2023	5:45:18 πμ	49	73	40	984	7	9	17	19	18	20	23	21	
23/3/2023	5:47:18 πμ	50	74	42	986	10	13	12	22	26	24	26	29	27
23/3/2023	5:49:18 πμ	51	75	43	989	13	16	14	23	27	25	28	29	29
23/3/2023	5:51:18 πμ	52	76	44	992	12	12	12	22	24	23	26	27	26
23/3/2023	5:53:18 πμ	54	76	46	991	11	10	11	21	23	22	26	25	26
23/3/2023	5:55:18 πμ	55	75	47	992	16	15	16	25	27	26	29	30	30
23/3/2023	5:57:18 πμ	56	74	48	993	16	17	17	25	27	26	29	31	30
23/3/2023	5:59:18 πμ	57	73	48	994	16	17	16	24	27	25	28	28	28
23/3/2023	6:01:18 πμ	58	49	995	17	19	18	28	27	28	32	30	31	
23/3/2023	6:03:18 πμ	59	72	50	995	18	19	19	28	28	31	30	31	
23/3/2023	6:05:15 πμ	61	71	51	995	18	18	18	26	29	28	29	31	30
23/3/2023	6:07:15 πμ	62	71	52	996	17	18	18	27	30	29	30	32	31
23/3/2023	6:09:15 πμ	63	70	53	996	18	18	18	26	27	27	29	29	29
23/3/2023	6:11:15 πμ	64	69	53	996	17	17	17	25	27	26	28	29	28
23/3/2023	6:13:15 πμ	64	69	53	996	17	18	17	27	27	27	29	29	29
23/3/2023	6:15:15 πμ	65	67	54	996	18	17	17	27	25	26	29	27	28
23/3/2023	6:17:15 πμ	66	66	54	996	18	16	17	26	25	25	29	26	28
23/3/2023	6:19:15 πμ	67	65	55	997	18	17	18	27	25	26	28	27	28
23/3/2023	6:21:15 πμ	68	64	55	998	18	17	17	27	25	26	28	27	27
23/3/2023	6:23:15 πμ	69	61	55	996	18	14	16	27	23	25	29	25	27
23/3/2023	6:25:12 πμ	69	60	54	996	18	15	17	26	25	26	29	26	28
23/3/2023	6:27:12 πμ	67	58	52	998	18	12	15	25	24	25	27	25	26
23/3/2023	6:29:12 πμ	70	57	54	1003	17	14	15	26	24	25	28	26	27
23/3/2023	6:31:12 πμ	71	57	55	1006	18	14	16	27	23	25	30	26	28

Εικόνα 5.2.2 Στιγμιότυπο οθόνης ημέρας (Μαρτίου) σε «.xlsx».

ΒΗΜΑ 3: Δημιουργία συγκεντρωτικών αρχείων «.xlsx», για κάθε μήνα, με όλες τις διαδρομές και τις ημέρες.

Όνομα	Ημερομηνία τροποποίησης	Τύπος	Μέγεθος
Απρίλιος Συγκεντρωτικά	26/7/2023 4:37 μμ	Φύλλο εργασίας του...	97 KB
Ιανουάριος Συγκεντρωτικά	21/8/2023 6:23 μμ	Φύλλο εργασίας του...	127 KB
Ιούνιος Συγκεντρωτικά	26/7/2023 4:41 μμ	Φύλλο εργασίας του...	133 KB
Μαίος Συγκεντρωτικά	26/7/2023 4:39 μμ	Φύλλο εργασίας του...	129 KB
Μάρτιος Συγκεντρωτικά	27/7/2023 3:13 μμ	Φύλλο εργασίας του...	183 KB
Νοέμβριος Συγκεντρωτικά	26/7/2023 4:25 μμ	Φύλλο εργασίας του...	128 KB
Φεβρουάριος Συγκεντρωτικά	26/7/2023 4:32 μμ	Φύλλο εργασίας του...	106 KB

Εικόνα 5.2.3 Συγκεντρωτικά αρχεία «.xlsx» για κάθε μήνα.

Date	Day	Time	current_temp	current_humidity	current_dewpoint	fpressure	pm1_0_cf_1	pm1_0_cf_1_b	pm1_Av	pm2_5_cf_1	pm2_5_cf_1_b	pm2_5_Av	pm10_0_cf_1	pm10_0_cf_1_b	pm10_Av
Δευτέρα, 7 Νοεμβρίου 2022	Δευτέρα	16:48:44	67	53	49	1017	15	17	16	24	27	26	27	29	28
Δευτέρα, 7 Νοεμβρίου 2022	Δευτέρα	16:50:44	68	54	50	1017	19	21	20	30	31	31	33	33	33
Δευτέρα, 7 Νοεμβρίου 2022	Δευτέρα	16:59:39	69	55	52	1016	18	20	19	30	33	32	35	35	35
Δευτέρα, 7 Νοεμβρίου 2022	Δευτέρα	17:01:39	69	55	52	1016	22	21	22	33	33	33	36	36	36
Δευτέρα, 7 Νοεμβρίου 2022	Δευτέρα	17:03:39	70	56	53	1016	22	21	22	33	33	33	37	37	37
Τρίτη, 8 Νοεμβρίου 2022	Τρίτη	6:13:37	63	60	49	1018	21	24	23	34	39	37	40	43	42
Τρίτη, 8 Νοεμβρίου 2022	Τρίτη	6:15:37	64	61	50	1018	27	30	29	45	48	47	51	53	52
Τρίτη, 8 Νοεμβρίου 2022	Τρίτη	6:17:37	65	62	51	1018	33	34	34	51	56	54	59	61	60
Τρίτη, 8 Νοεμβρίου 2022	Τρίτη	6:19:37	65	62	51	1020	38	38	38	60	63	62	65	68	67
Τρίτη, 8 Νοεμβρίου 2022	Τρίτη	6:21:37	66	62	52	1020	39	39	39	61	63	62	67	69	68
Τρίτη, 8 Νοεμβρίου 2022	Τρίτη	6:23:37	67	62	53	1020	37	38	38	60	60	60	67	65	66
Τρίτη, 8 Νοεμβρίου 2022	Τρίτη	11:50:59	107	18	55	1018	10	10	10	19	17	18	21	19	20
Τρίτη, 8 Νοεμβρίου 2022	Τρίτη	11:52:59	106	18	53	1018	11	11	11	20	19	20	21	20	21
Τρίτη, 8 Νοεμβρίου 2022	Τρίτη	11:54:59	105	17	52	1017	13	12	13	21	21	21	23	23	23
Τρίτη, 8 Νοεμβρίου 2022	Τρίτη	11:56:59	104	17	52	1017	16	15	16	22	21	22	24	22	23
Τρίτη, 8 Νοεμβρίου 2022	Τρίτη	11:58:59	103	18	51	1016	15	15	15	22	21	22	24	21	23
Τρίτη, 8 Νοεμβρίου 2022	Τρίτη	12:25:43	101	18	51	1015	10	13	12	18	19	19	20	19	20
Τρίτη, 8 Νοεμβρίου 2022	Τρίτη	12:27:43	101	18	50	1015	19	18	19	25	24	25	29	25	27
Τρίτη, 8 Νοεμβρίου 2022	Τρίτη	12:29:43	101	18	50	1016	52	53	53	62	64	63	66	66	66
Τρίτη, 8 Νοεμβρίου 2022	Τρίτη	12:31:43	100	18	49	1015	45	46	46	58	56	57	61	58	60
Τρίτη, 8 Νοεμβρίου 2022	Τρίτη	12:33:43	100	19	50	1014	23	22	23	30	28	29	32	30	31
Τρίτη, 8 Νοεμβρίου 2022	Τρίτη	12:35:43	99	19	50	1014	19	19	19	26	25	26	29	27	28
Τρίτη, 8 Νοεμβρίου 2022	Τρίτη	12:37:43	98	19	49	1014	20	20	20	27	26	27	27	28	28
Τρίτη, 8 Νοεμβρίου 2022	Τρίτη	12:39:43	97	20	49	1013	21	21	21	27	28	28	29	29	29
Τρίτη, 8 Νοεμβρίου 2022	Τρίτη	12:41:43	96	20	48	1012	18	16	17	22	21	22	25	22	24
Τρίτη, 8 Νοεμβρίου 2022	Τρίτη	12:43:43	95	20	48	1011	15	12	14	22	21	22	24	23	24
Τρίτη, 8 Νοεμβρίου 2022	Τρίτη	12:45:43	94	21	48	1007	14	13	14	22	21	22	23	22	23

Εικόνα 5.2.4 Στιγμιότυπο οθόνης συγκεντρωτικού αρχείου «.xlsx» (Νοέμβριος).

ΒΗΜΑ 4: Για την απεικόνιση των αποτελεσμάτων γραφικά, πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω υπολογισμοί:

1) Μέσες ημερήσιες τιμές (2-λεπτες) από όλες τις διαδρομές. Η κάθε ημέρα αποτελείται από μία ή και περισσότερες διαδρομές. Ως μέση τιμή ημέρας, ορίζεται η μέση τιμή όλων των διαδρομών μίας ημέρας.

	G	H	I	J
	ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΗΜΕΡΑΣ (Η κάθε μέρα ξεχωριστά με όλες τις διαδρομές)	PM₁_AV	PM_{2.5}_AV	PM₁₀_AV
	01/03/2023	31.56	47.84	51.72
	02/03/2023	21.10	31.61	34.32
	03/03/2023	9.57	16.15	18.32
	07/03/2023	10.65	18.23	21.05
	09/03/2023	11.78	20.70	22.89
	13/03/2023	3.93	7.40	9.32
	14/03/2023	7.44	11.68	13.37
	16/03/2023	21.76	31.32	34.31
	23/03/2023	10.23	16.65	18.34
	24/03/2023	14.93	23.58	25.17
	27/03/2023	25.10	37.77	41.79
	30/03/2023	8.25	13.79	16.06

Εικόνα 5.2.5 Μέσες ημερήσιες (2-λεπτες) τιμές Μαρτίου.

2) Μέσες μηνιαίες τιμές (2-λεπτες). Αντίστοιχα και οι μέσες μηνιαίες τιμές υπολογίστηκαν από όλες τις διαδρομές όλων των ημερών του κάθε μήνα.

ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΤΙΜΗ ΜΑΡΤΙΟΥ	PM₁_AV	PM_{2.5}_AV	PM₁₀_AV
	15.36	24.01	26.44

Εικόνα 5.2.6 Μέση μηνιαία τιμή (2-λεπτες) Μαρτίου ανά ρύπο.

3) Μέσες ημερήσιες - εβδομαδιαίες τιμές (2-λεπτες). Σε αυτή την περίπτωση υπολογίστηκαν για κάθε ίδια εργάσιμη μέρα της εβδομάδας (Δευτέρα - Παρασκευή) οι μέσες τιμές από όλες τις διαδρομές, με τη βοήθεια φίλτρων.

ΜΕΣΗ ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΑ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΤΙΜΗ	PM₁_AV	PM_{2.5}_AV	PM₁₀_AV
ΔΕΥΤΕΡΑ	23.11	34.92	38.74
ΤΡΙΤΗ	8.70	14.26	16.39
ΤΕΤΑΡΤΗ	31.56	47.84	51.72
ΠΕΜΠΤΗ	15.48	24.04	26.37
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	11.46	18.77	20.73
ΣΑΒΒΑΤΟ			
ΚΥΡΙΑΚΗ			

Εικόνα 5.2.7 Μέσες ημερήσιες - εβδομαδιαίες τιμές (2-λεπτες) Μαρτίου.

ΒΗΜΑ 5: Δημιουργία των εξής γραφημάτων ανά μήνα:

- A) Διάγραμμα μέσων ημερήσιων τιμών (2-λεπτα) ανά μήνα για όλους του ρύπου.
- B) Διάγραμμα μέσης μηνιαίας τιμής (2-λεπτα) για όλους τους ρύπους.
- Γ) Διάγραμμα μέσων ημερήσιων - εβδομαδιαίων τιμών (2-λεπτα) ανά μήνα για όλους τους ρύπους.
- Δ) Διάγραμμα μηνιαίας διακύμανσης PM₁ ανά μήνα.
- E) Διάγραμμα μηνιαίας διακύμανσης PM_{2,5} ανά μήνα.
- ΣΤ) Διάγραμμα μηνιαίας διακύμανσης PM₁₀ ανά μήνα.

ΒΗΜΑ 6: Δημιουργία συγκεντρωτικού αρχείου «.xlsx» με όλες τις διαδρομές και ημέρες για όλο το 8-μηνο.

8-μήνου Συγκεντρωτικά	26/7/2023 4:41 μμ	Φύλλο εργασίας του...	325 KB
Απρίλιος Συγκεντρωτικά	26/7/2023 4:37 μμ	Φύλλο εργασίας του...	97 KB
Ιανουάριος Συγκεντρωτικά	21/8/2023 6:23 μμ	Φύλλο εργασίας του...	127 KB

Εικόνα 5.2.8 Συγκεντρωτικό αρχείο 8-μήνου.

Date	Day	Month	Time	current Temp. f -	current_humidity -	current_03ppm f -	pressure -	pm10_0_of_1_h -	pm10_5_of_1_h -	pm10_Av -	pm2_5_of_1_h -	pm2_5_Av -	pm10_0_of_1_h -	pm10_5_of_1_h -	pm10_Av -
Παρασκευή, 11 Νοεμβρίου 2022	Παρασκευή	Νοεμβρίου	19:18:44	57	58	43	995	20	22	21	33	40	37	39	43
Παρασκευή, 11 Νοεμβρίου 2022	Παρασκευή	Νοεμβρίου	19:20:44	58	60	44	994	24	27	25	38	46	41	44	47
Παρασκευή, 11 Νοεμβρίου 2022	Παρασκευή	Νοεμβρίου	19:22:44	59	62	46	994	27	28	27	43	46	45	49	51
Παρασκευή, 11 Νοεμβρίου 2022	Παρασκευή	Νοεμβρίου	19:24:44	60	62	47	995	30	31	31	47	50	49	52	53
Παρασκευή, 11 Νοεμβρίου 2022	Παρασκευή	Νοεμβρίου	19:26:44	61	62	48	993	31	33	32	49	52	50	53	54
Παρασκευή, 11 Νοεμβρίου 2022	Παρασκευή	Νοεμβρίου	19:28:44	62	62	49	991	34	37	35	56	58	58	59	61
Παρασκευή, 11 Νοεμβρίου 2022	Παρασκευή	Νοεμβρίου	19:30:44	62	62	49	990	32	34	33	51	54	53	58	59
Παρασκευή, 11 Νοεμβρίου 2022	Παρασκευή	Νοεμβρίου	19:32:44	63	62	49	990	32	33	33	52	54	53	57	55
Παρασκευή, 11 Νοεμβρίου 2022	Παρασκευή	Νοεμβρίου	19:34:44	63	60	49	990	32	32	32	49	50	49	55	53
Παρασκευή, 11 Νοεμβρίου 2022	Παρασκευή	Νοεμβρίου	19:36:44	64	60	49	992	32	32	32	48	48	48	52	51
Παρασκευή, 11 Νοεμβρίου 2022	Παρασκευή	Νοεμβρίου	19:38:44	59	60	45	992	25	22	22	42	45	46	49	46
Παρασκευή, 11 Νοεμβρίου 2022	Παρασκευή	Νοεμβρίου	19:40:44	60	62	47	992	25	28	27	38	44	41	44	45
Παρασκευή, 11 Νοεμβρίου 2022	Παρασκευή	Νοεμβρίου	19:42:44	62	63	49	989	24	24	24	38	38	38	42	42
Παρασκευή, 11 Νοεμβρίου 2022	Παρασκευή	Νοεμβρίου	19:44:44	63	63	50	990	25	25	25	39	40	40	43	43
Παρασκευή, 11 Νοεμβρίου 2022	Παρασκευή	Νοεμβρίου	19:46:44	65	62	51	991	25	28	28	38	38	38	43	40
Παρασκευή, 11 Νοεμβρίου 2022	Παρασκευή	Νοεμβρίου	19:48:44	67	61	53	995	25	24	24	38	37	41	39	40
Παρασκευή, 11 Νοεμβρίου 2022	Παρασκευή	Νοεμβρίου	19:50:44	68	59	55	994	28	27	28	43	41	42	47	45
Παρασκευή, 11 Νοεμβρίου 2022	Παρασκευή	Νοεμβρίου	19:52:44	69	56	53	975	28	25	26	44	39	41	48	42
Παρασκευή, 11 Νοεμβρίου 2022	Παρασκευή	Νοεμβρίου	19:54:44	70	54	52	973	29	26	28	46	40	43	49	43
Παρασκευή, 11 Νοεμβρίου 2022	Παρασκευή	Νοεμβρίου	19:56:44	70	53	52	983	33	29	31	47	48	53	50	52
Παρασκευή, 11 Νοεμβρίου 2022	Παρασκευή	Νοεμβρίου	19:58:44	70	52	51	994	34	31	33	51	49	50	53	51
Παρασκευή, 8 Μαρτίου 2023	Παρασκευή	Μάρτιος	9:38:44	87	71	35	986	3	3	3	6	6	6	7	7
Παρασκευή, 8 Μαρτίου 2023	Παρασκευή	Μάρτιος	9:40:44	87	74	35	986	1	2	1	4	4	4	5	5
Παρασκευή, 8 Μαρτίου 2023	Παρασκευή	Μάρτιος	9:42:44	87	71	33	986	1	2	1	5	6	5	7	7
Παρασκευή, 8 Μαρτίου 2023	Παρασκευή	Μάρτιος	9:44:44	85	78	49	988	3	7	3	18	17	17	23	21
Παρασκευή, 8 Μαρτίου 2023	Παρασκευή	Μάρτιος	9:46:44	85	78	48	993	8	8	8	18	18	18	22	22
Παρασκευή, 8 Μαρτίου 2023	Παρασκευή	Μάρτιος	9:48:44	84	77	47	991	14	14	14	18	18	18	23	23
Παρασκευή, 8 Μαρτίου 2023	Παρασκευή	Μάρτιος	9:50:44	84	78	47	993	10	8	9	20	17	18	23	19
Παρασκευή, 8 Μαρτίου 2023	Παρασκευή	Μάρτιος	9:52:44	83	77	47	995	7	6	7	15	14	14	18	17
Παρασκευή, 8 Μαρτίου 2023	Παρασκευή	Μάρτιος	9:54:44	83	78	47	996	10	9	10	19	20	19	25	24
Παρασκευή, 8 Μαρτίου 2023	Παρασκευή	Μάρτιος	9:56:44	83	79	47	996	13	10	11	22	19	20	24	21
Παρασκευή, 8 Μαρτίου 2023	Παρασκευή	Μάρτιος	9:58:44	82	79	46	998	16	13	14	24	21	22	28	26
Παρασκευή, 8 Μαρτίου 2023	Παρασκευή	Μάρτιος	10:00:44	82	79	47	1001	18	15	16	25	25	30	27	29
Παρασκευή, 8 Μαρτίου 2023	Παρασκευή	Μάρτιος	10:02:44	82	80	47	1002	32	30	31	41	39	40	44	41
Παρασκευή, 8 Μαρτίου 2023	Παρασκευή	Μάρτιος	10:04:44	82	71	48	1002	30	18	19	25	18	25	28	27
Παρασκευή, 8 Μαρτίου 2023	Παρασκευή	Μάρτιος	10:06:44	82	72	49	1002	21	19	20	29	25	27	31	28

Εικόνα 5.2.9 Στιγμιότυπο οθόνης συγκεντρωτικού αρχείου 8-μήνου.

ΒΗΜΑ 7: Συγκέντρωση μέσω μηνιαίων τιμών 8-μήνου για την δημιουργία γραφημάτων.

	A	B	C	D
1	ΜΗΝΕΣ	PM₁	PM_{2.5}	PM₁₀
2	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	23.03	34.84	37.86
3	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	6.12	11.56	13.81
4	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	11.14	18.44	20.64
5	ΜΑΡΤΙΟΣ	15.36	24	26.44
6	ΑΠΡΙΛΙΟΣ	6.86	11.5	12.87
7	ΜΑΙΟΣ	13.31	20.28	22.11
8	ΙΟΥΝΙΟΣ	11.58	17.68	18.82
9				

Εικόνα 5.2.10 Μέσες μηνιαίες (2-λεπτες) τιμές 8-μήνου.

ΒΗΜΑ 8: Δημιουργία των εξής γραφημάτων για όλο το 8-μηνο:

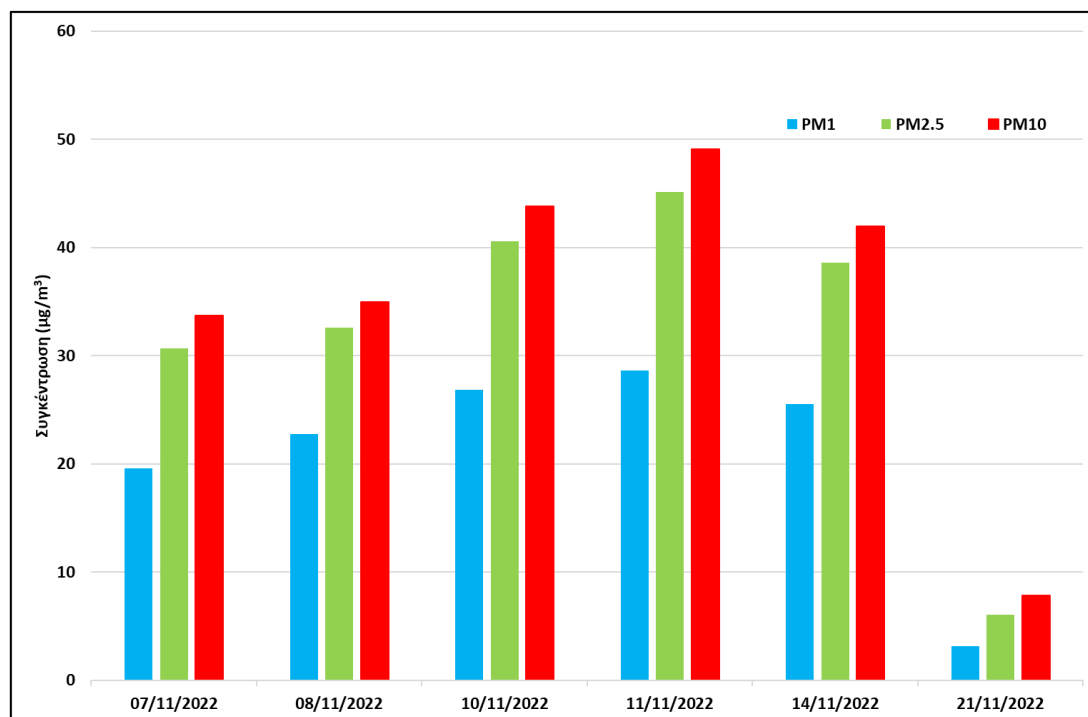
- A) Διάγραμμα μέσω μηνιαίων τιμών (2-λεπτα) για όλους τους ρύπους σε όλο το 8-μηνο.
- B) Διάγραμμα μέσω ημερήσιων-εβδομαδιαίων τιμών (2-λεπτα) για όλο το 8-μηνο.
- Γ) Διάγραμμα διακύμανσης PM₁ για όλο το 8-μηνο.
- Δ) Διάγραμμα διακύμανσης PM_{2.5} για όλο το 8-μηνο.
- Ε) Διάγραμμα διακύμανσης PM₁₀ για όλο το 8-μηνο.

6. Αποτελέσματα-Συζήτηση

6.1 Νοέμβριος

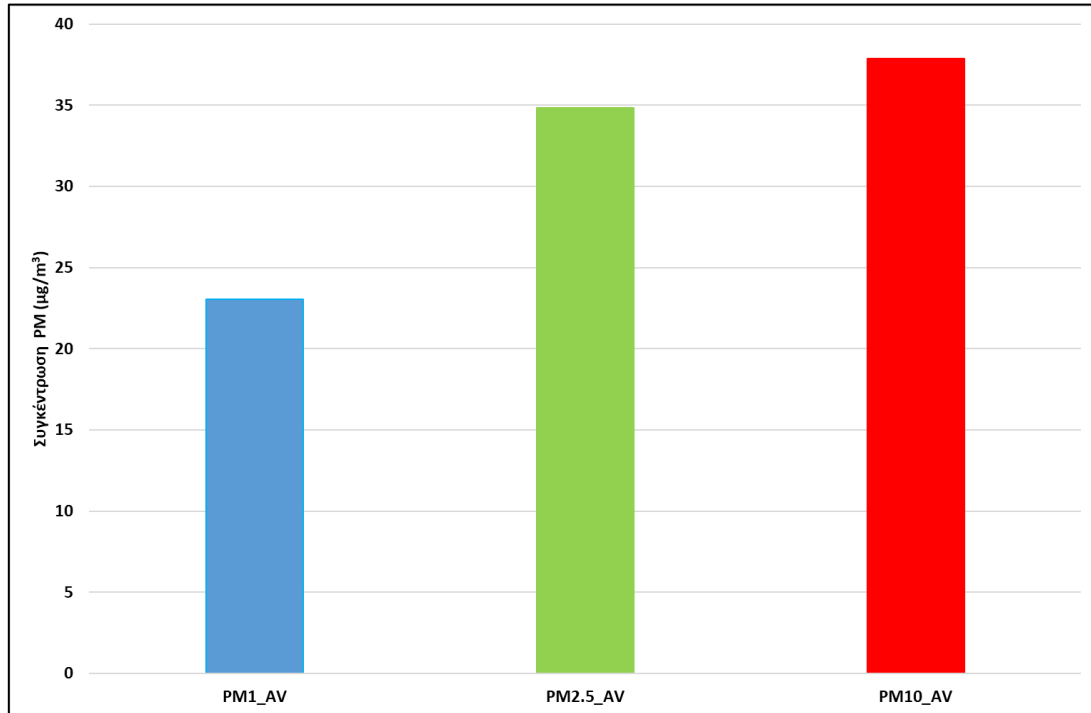
Οι μετρήσεις του Νοεμβρίου (2022) αποτελούνται από 6 ημέρες του μήνα, με ένα σύνολο 11 διαδρομών με 1 επιβάτη, ανοιχτή θέρμανση και κλειστά παράθυρα κατά βάση. Το αυτοκίνητο κινήθηκε σε αστικές περιοχές και πραγματοποίησε τις εξής διαδρομές: ΠΑΔΑ-Γέρακας-ΠΑΔΑ, ΠΑΔΑ-Αιγάλεω-ΠΑΔΑ και Νέα Ιωνία-Γέρακας-Νέα Ιωνία.

Στο παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 6.1.1) παρουσιάζεται η μέση ημερήσια τιμή του μήνα Νοεμβρίου, ανά ρύπο. Αναλυτικά, στις 7/11 και 8/11 πραγματοποιήθηκαν αντίστοιχα, μία διαδρομή (ΠΑΔΑ-Αιγάλεω) διάρκειας 15 λεπτών και δύο διαδρομές (Αιγάλεω-ΠΑΔΑ, ΠΑΔΑ-Γέρακα) διάρκειας 15 και 65 λεπτών με έναν επιβάτη και κλειστά παράθυρα. Στις 10/11 πραγματοποιήθηκαν τρεις διαδρομές (Γέρακας-ΠΑΔΑ, ΠΑΔΑ-Γέρακας, Γέρακας-Αγ. Παρασκευή-Γέρακας) διάρκειας 60, 75 και 60 λεπτών αντίστοιχα. Στις 11/11 πραγματοποιήθηκαν δύο διαδρομές Γέρακας-Νέα Ιωνία και Νέα Ιωνία-Γέρακας διάρκειας 30 λεπτών η κάθε μία. Στις 14/11 πραγματοποιήθηκαν δύο διαδρομές (Γέρακας-ΠΑΔΑ και ΠΑΔΑ-Αιγάλεω) διάρκειας 60 και 15 λεπτών αντίστοιχα. Τέλος, στις 21/11 πραγματοποιήθηκε μία διαδρομή (Γέρακας-ΠΑΔΑ) διάρκειας 60 λεπτών. Την ημέρα 11/11 εμφανίστηκαν οι υψηλότερες συγκεντρώσεις $PM_{1.0}$ ($28.63 \mu\text{g}/\text{m}^3$), $PM_{2.5}$ ($45.13 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και $PM_{10.0}$ ($49.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ενώ την ημέρα 21/11 εμφανίστηκαν οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις $PM_{1.0}$ ($3.13 \mu\text{g}/\text{m}^3$), $PM_{2.5}$ ($6.08 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και $PM_{10.0}$ ($7.88 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Παρατηρείται λοιπόν ότι στο κέντρο εμφανίζονται μεγαλύτερες συγκεντρώσεις λόγω την κυκλοφοριακής συμφόρησης που επικρατεί.



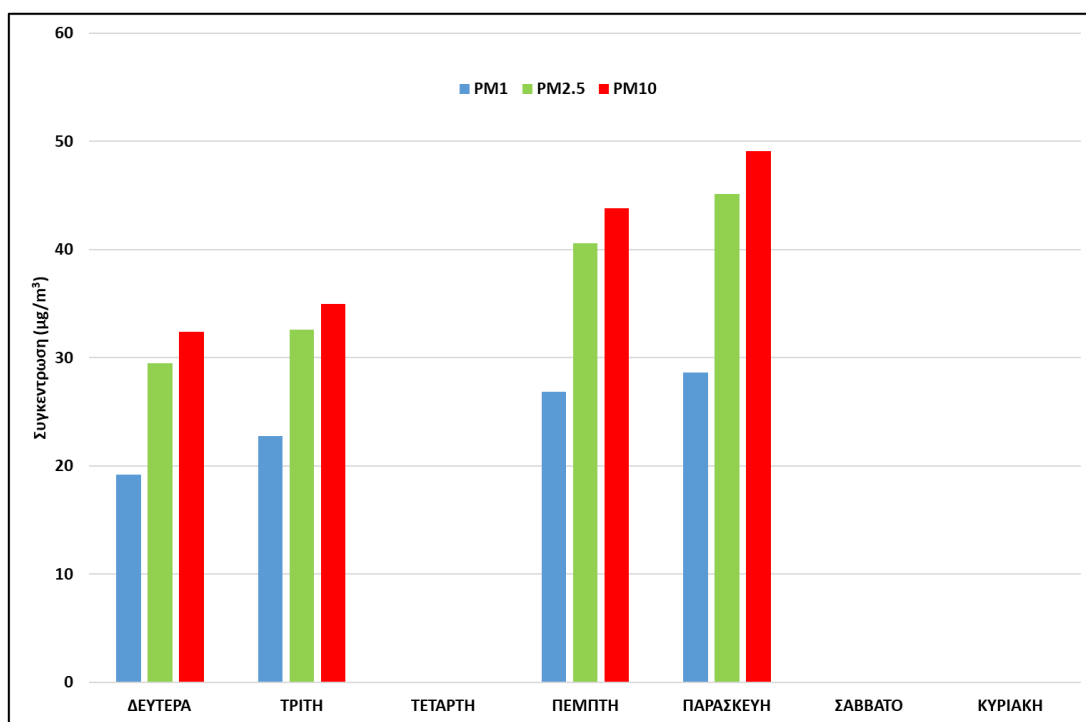
Σχήμα 6.1.1 Μέσες ημερήσιες τιμές (2-λεπτες) Νοεμβρίου.

Στο διάγραμμα των μέσων μηνιαίων τιμών (**Σχήμα 6.1.2**) παρατηρείται ότι ο πιο επιδραστικός ρύπος για όλο τον μήνα Νοέμβριο είναι τα $PM_{10.0}$ ($37.86 \mu\text{g}/\text{m}^3$) σε σχέση με τα $PM_{2.5}$ ($34.84 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και $PM_{1.0}$ ($23.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Η μεγαλύτερη τιμή PM_{10} ήταν στις 8/11 όπου το όργανο κατέγραψε την τιμή $83 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



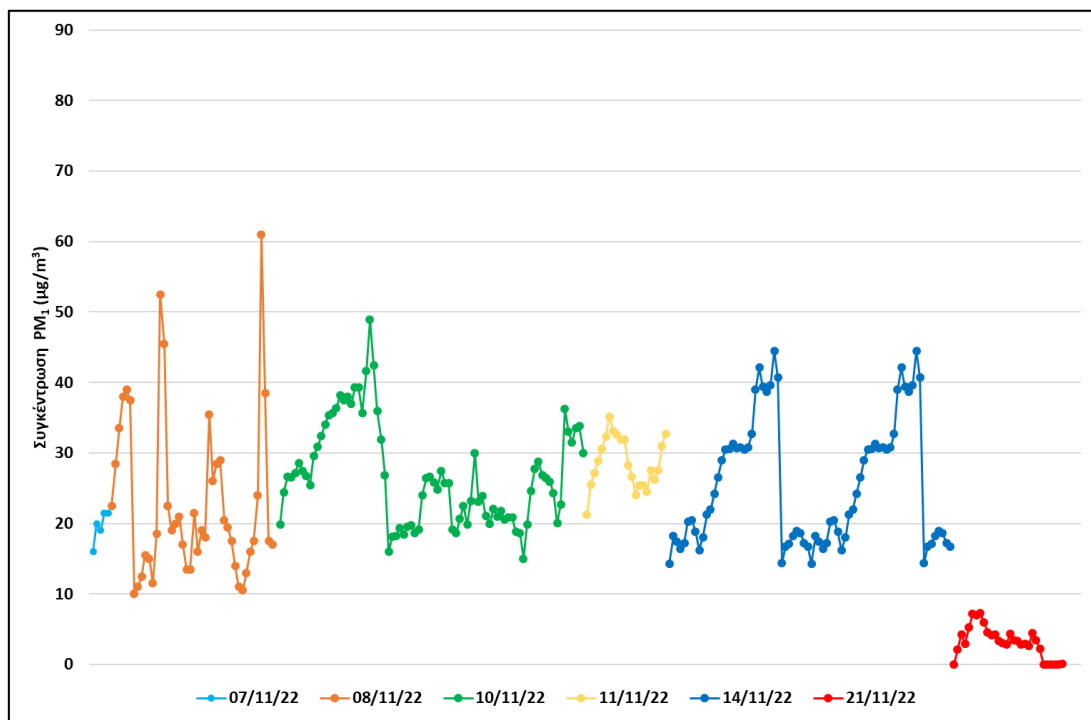
Σχήμα 6.1.2 Μέσες μηνιαίες τιμές (2-λεπτες) Νοεμβρίου.

Στο **Σχήμα 6.1.3** παρουσιάζονται οι μέσες ημερήσιες-εβδομαδιαίες τιμές του μήνα Νοεμβρίου. Πιο συγκεκριμένα, οι μετακινήσεις που το όργανο λάμβανε ενδείξεις πραγματοποιήθηκαν σε σύνολο έξι (6) διαδρομών (3) Δευτέρες, (1) Τρίτη, (1) Πέμπτη και (1) Παρασκευή. Παρόλο που δεν υπήρχε μεγάλο πλήθος διαδρομών για τον μήνα Νοέμβριο, παρατηρείται ότι οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις εμφανίστηκαν την ημέρα Παρασκευή που ενδέχεται να υπήρχε και μεγαλύτερη κίνηση στο αστικό κέντρο.

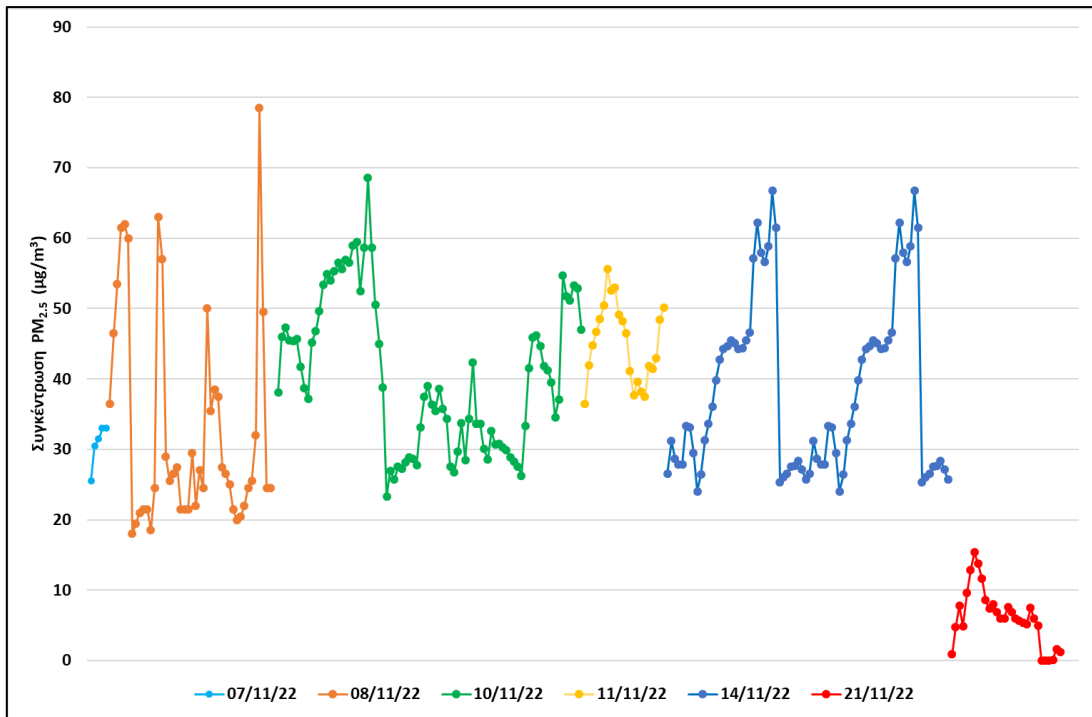


Σχήμα 6.1.3 Μέσες ημερήσιες-εβδομαδιαίες τιμές (2-λεπτες) Νοεμβρίου.

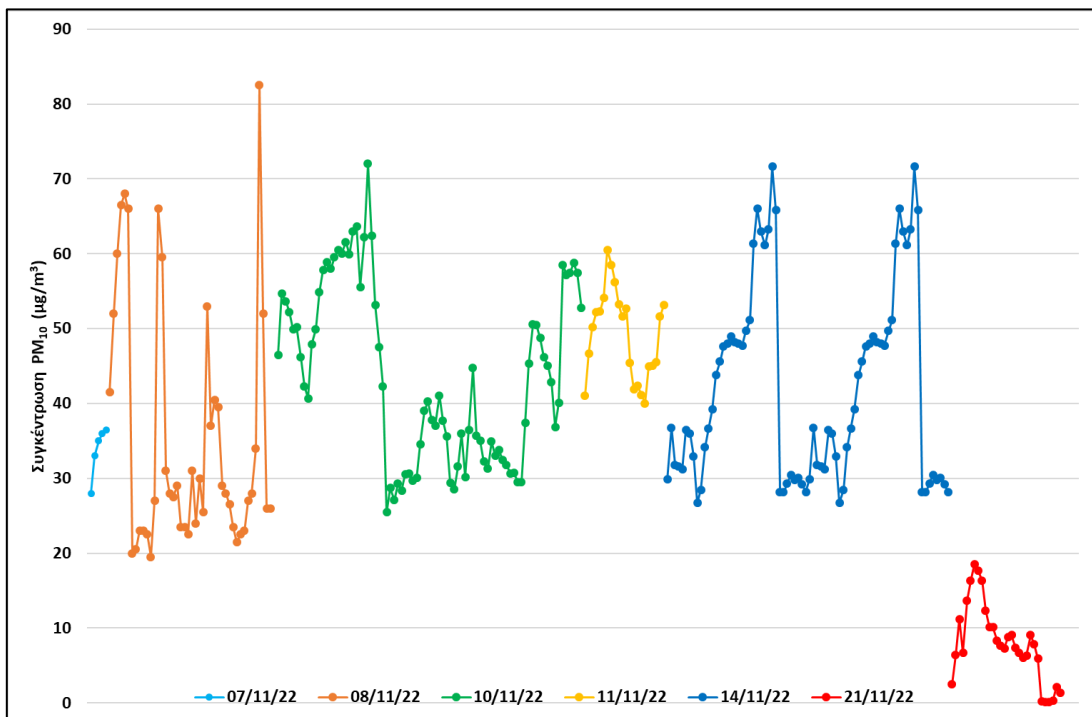
Στα παρακάτω διαγράμματα (Σχήμα 6.1.4, 6.1.5, 6.1.6) παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις των ρύπων, ανά ημέρα μέτρησης για όλο τον μήνα Νοέμβριο. Η πιο έντονη διακύμανση παρατηρείται στα $PM_{10.0}$ όπου κυμαίνονται από 0-83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Αντίθετα η πιο ομαλή διακύμανση παρατηρείται στα $PM_{1.0}$ όπου κυμαίνονται από 0-61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Τα $PM_{2.5}$ κυμαίνονται από 0-79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Η υψηλότερη τιμή και για τους τρεις ρύπους καταγράφηκε στις 8/11 όπου πραγματοποιήθηκαν 3 διαδρομές συνολικής διάρκειας 80 λεπτών με $PM_{1.0}$ (61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), $PM_{2.5}$ (79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) και $PM_{10.0}$ (83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Ενώ, η χαμηλότερη τιμή εμφανίστηκε στις 21/11 όπου είχαμε 1 διαδρομή διάρκειας 60 λεπτών με τους τρεις ρύπους να εμφανίζουν μηδενική τιμή. Λόγω της μεγαλύτερης διάρκειας που παρέμεινε το όχημα στην κίνηση (κέντρο) είχε ως αποτέλεσμα το όργανο να καταγράψει υψηλότερες τιμές. Ωστόσο, ορισμένες μηδενικές τιμές μπορεί να οφείλονται στο ότι ο αισθητήρας δεν λάμβανε μετρήσεις εκείνη την χρονική στιγμή λόγω κάποιου σφάλματος καταγραφής.



Σχήμα 6.1.4 Διακύμανση PM_1 Νοεμβρίου.



Σχήμα 6.1.5 Διακύμανση PM_{2.5} Νοεμβρίου.

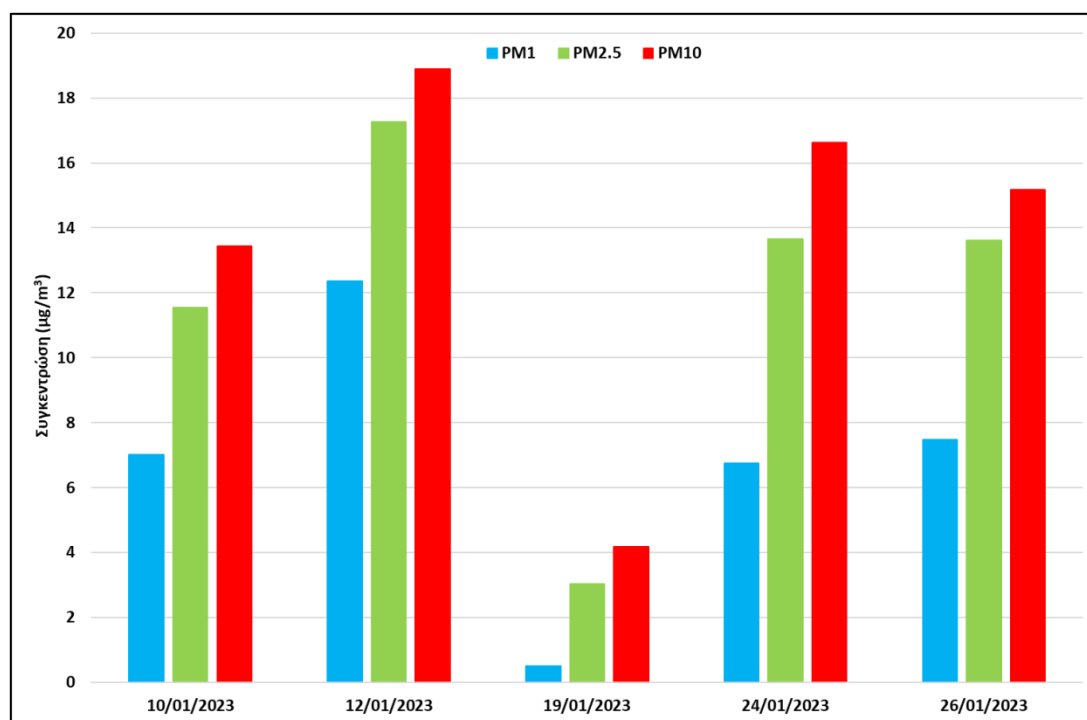


Σχήμα 6.1.6 Διακύμανση PM₁₀ Νοεμβρίου.

6.2 Ιανουάριος

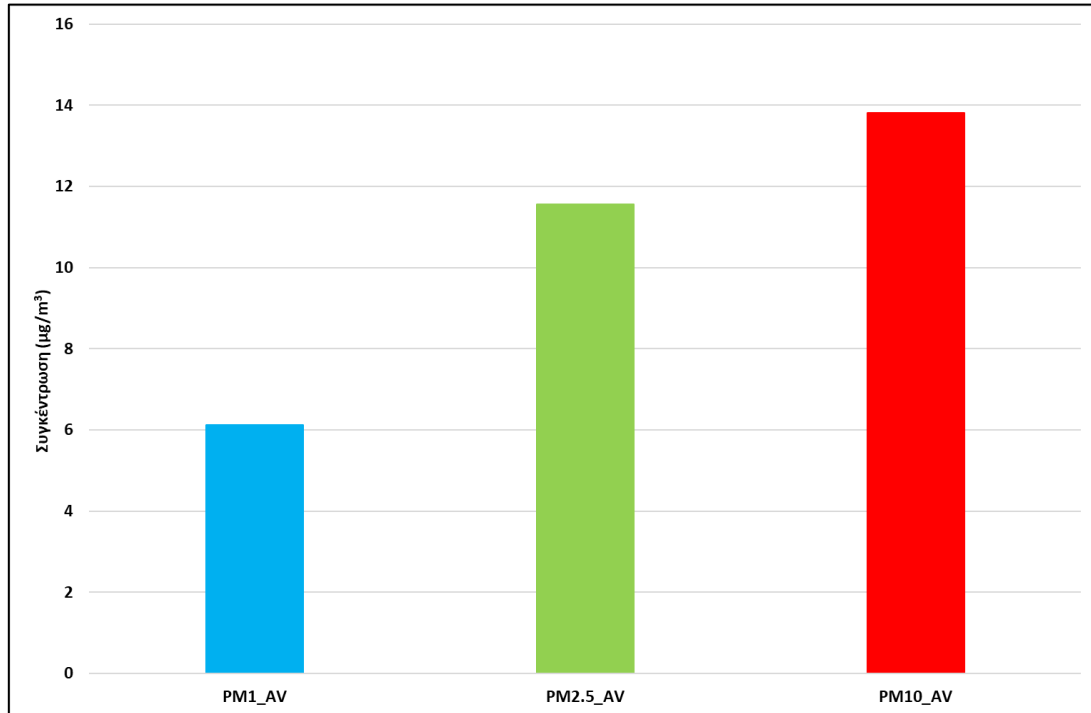
Οι μετρήσεις του Ιανουαρίου (2023) λήφθηκαν από 5 ημέρες του μήνα με ένα σύνολο 8 διαδρομών με 1 επιβάτη, ανοιχτή θέρμανση και κλειστά παράθυρα κατά βάση. Το αυτοκίνητο κινήθηκε σε αστική περιοχή μέσω του κέντρου της Αθήνας.

Στο (Σχήμα 6.2.1) παρουσιάζονται οι μέσες ημερήσιες τιμές του μήνα. Όλες τις ημέρες του μήνα πραγματοποιήθηκε η κύρια διαδρομή ΠΑΔΑ-Γέρακας-ΠΑΔΑ. Στις 10/01 πραγματοποιήθηκε μία διαδρομή διάρκειας 120 λεπτών. Στις 12/01 πραγματοποιήθηκαν δύο διαδρομές διάρκειας 50 και 65 λεπτών. Στις 19/01 πραγματοποιήθηκαν επίσης δύο διαδρομές διάρκειας 80 και 60 λεπτών. Στις 24/01 έγινε μία διαδρομή διάρκειας 50 λεπτών και στις 26/01 έγιναν δύο διαδρομές διάρκειας 65 και 85 λεπτών. Την ημέρα 12/01 εμφανίστηκαν οι υψηλότερες συγκεντρώσεις $PM_{1.0}$ ($12 \mu\text{g}/\text{m}^3$), $PM_{2.5}$ ($17 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και $PM_{10.0}$ ($19 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ενώ την ημέρα 19/01 εμφανίστηκαν οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις $PM_{1.0}$ ($0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), $PM_{2.5}$ ($3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και $PM_{10.0}$ ($4 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



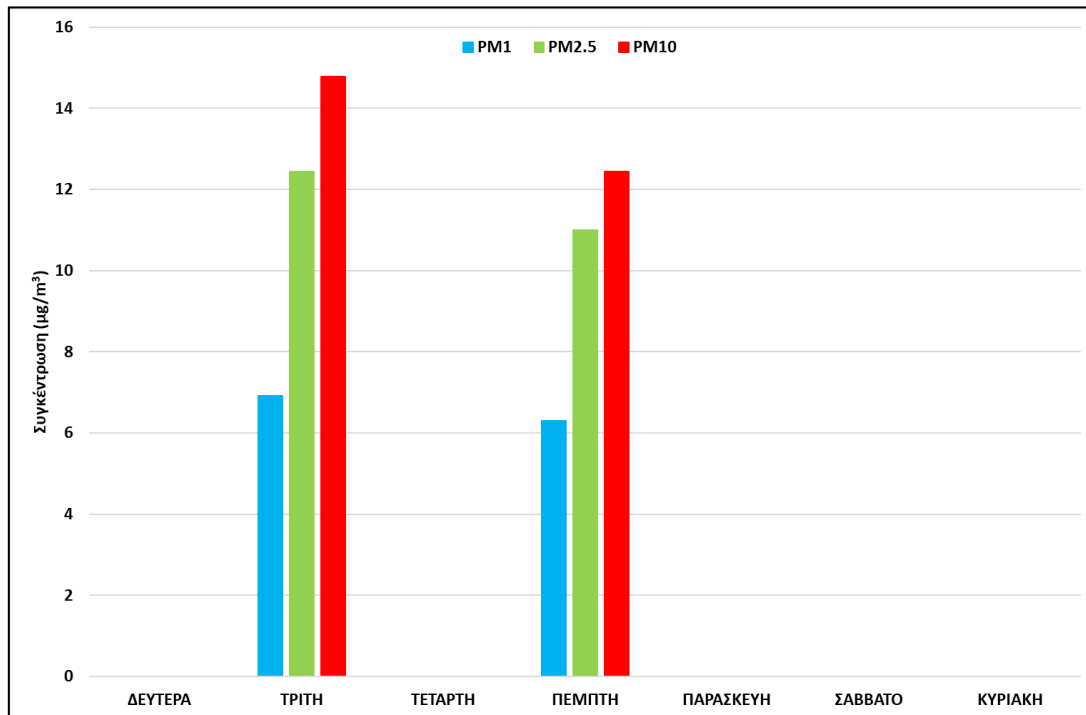
Σχήμα 6.2.1 Μέσες ημερήσιες τιμές (2-λεπτες) Ιανουαρίου.

Στο διάγραμμα των μέσων μηνιαίων τιμών (**Σχήμα 6.2.2.**) παρατηρείται ότι ο πιο επιδραστικός ρύπος για όλο τον μήνα Ιανουάριο είναι τα $PM_{10.0}$ ($14 \mu\text{g}/\text{m}^3$) σε σχέση με τα $PM_{2.5}$ ($12 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και τα $PM_{1.0}$ ($6 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Η μέγιστη τιμή για τα $PM_{10.0}$ ($43 \mu\text{g}/\text{m}^3$) σημειώθηκε στις 12/01.



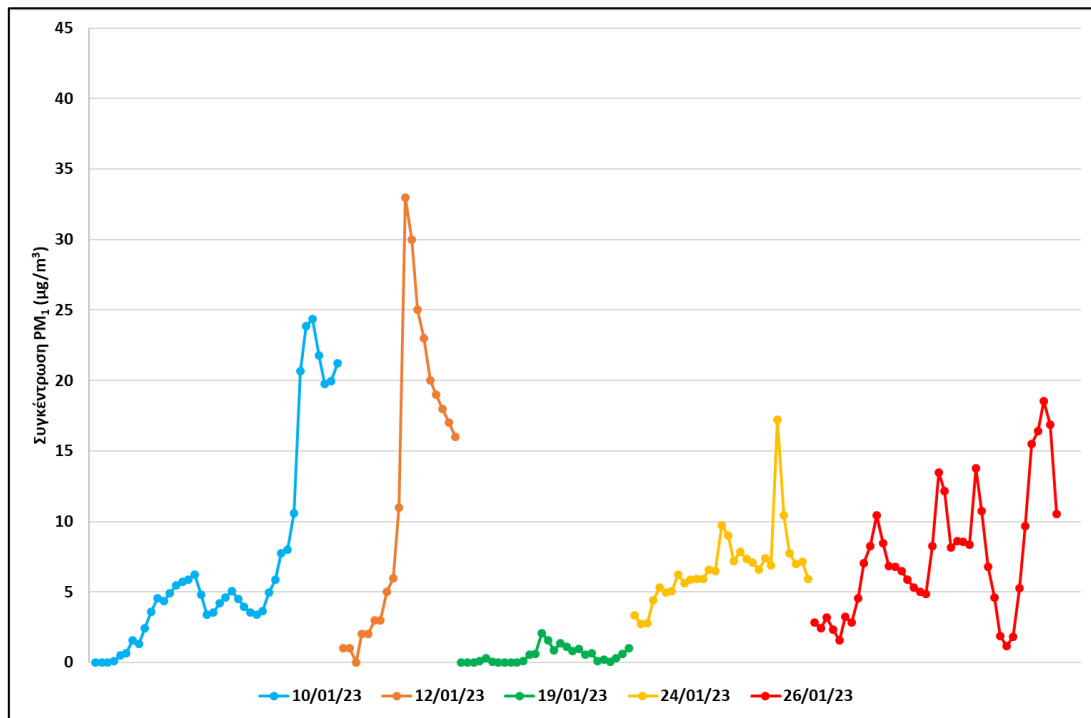
Σχήμα 6.2.2 Μέσες μηνιαίες τιμές (2-λεπτες) Ιανουαρίου.

Στο **Σχήμα 6.2.3** παρουσιάζονται οι μέσες ημερήσιες-εβδομαδιαίες τιμές του μήνα Ιανουαρίου. Πιο συγκεκριμένα το όργανο έλαβε μετρήσεις από (2) Τρίτες και (3) Πέμπτες του μήνα Ιανουαρίου. Παρόλο που δεν υπήρχε μεγάλο πλήθος διαδρομών για τον μήνα Ιανουάριο, παρατηρείται ότι οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις εμφανίστηκαν την ημέρα Τρίτη που ενδέχεται να υπήρχε και μεγαλύτερη κίνηση στο αστικό κέντρο.

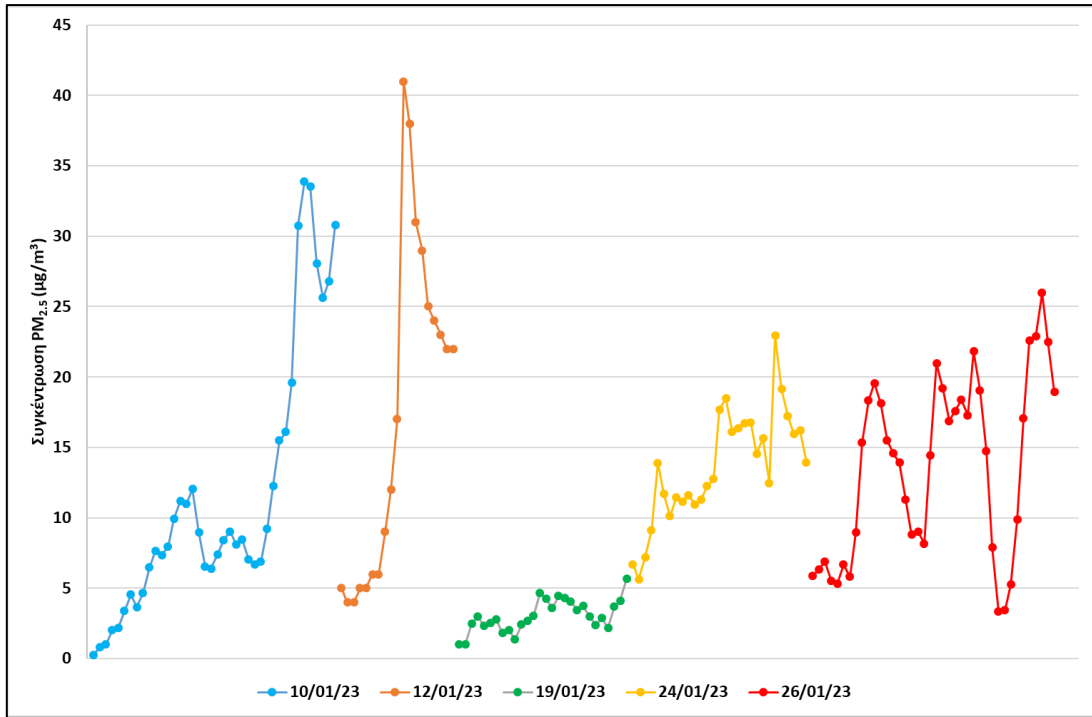


Σχήμα 6.2.3 Μέσες ημερήσιες-εβδομαδιαίες τιμές (2-λεπτες) Ιανουαρίου.

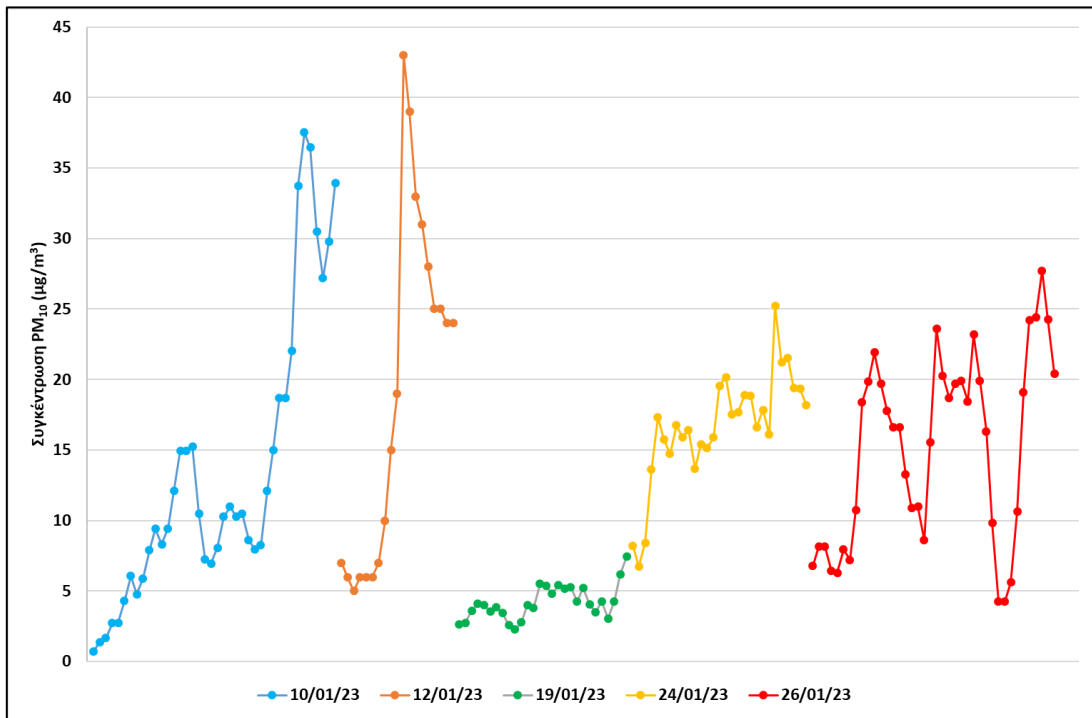
Στα παρακάτω διαγράμματα (Σχήμα 6.2.4, 6.2.5, 6.2.6) παρουσιάζεται η διακύμανση των ρύπων, ανά ημέρα μέτρησης για όλο τον μήνα Ιανουάριο. Σε γενικές γραμμές παρατηρείται έντονη διακύμανση σε κάθε ρύπο. Τα $PM_{1.0}$ κυμαίνονται από 0-33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, τα $PM_{2.5}$ από 0-41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και τα $PM_{10.0}$ από 0-43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Η υψηλότερη τιμή και για τους τρεις ρύπους καταγράφηκε στις 12/01 όπου πραγματοποιήθηκαν δύο διαδρομές συνολικής διάρκειας 115 λεπτών με $PM_{1.0}$ (33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), $PM_{2.5}$ (41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) και $PM_{10.0}$ (43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Ενώ, η χαμηλότερη τιμή εμφανίστηκε στις 19/01 όπου είχαμε δύο διαδρομές διάρκειας 140 λεπτών με $PM_{1.0}$ (0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), $PM_{2.5}$ (1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) και $PM_{10.0}$ (2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Σχήμα 6.2.4 Διακύμανση $PM_{1.0}$ Ιανουαρίου.



Σχήμα 6.2.5 Διακύμανση $PM_{2.5}$ Ιανουαρίου.

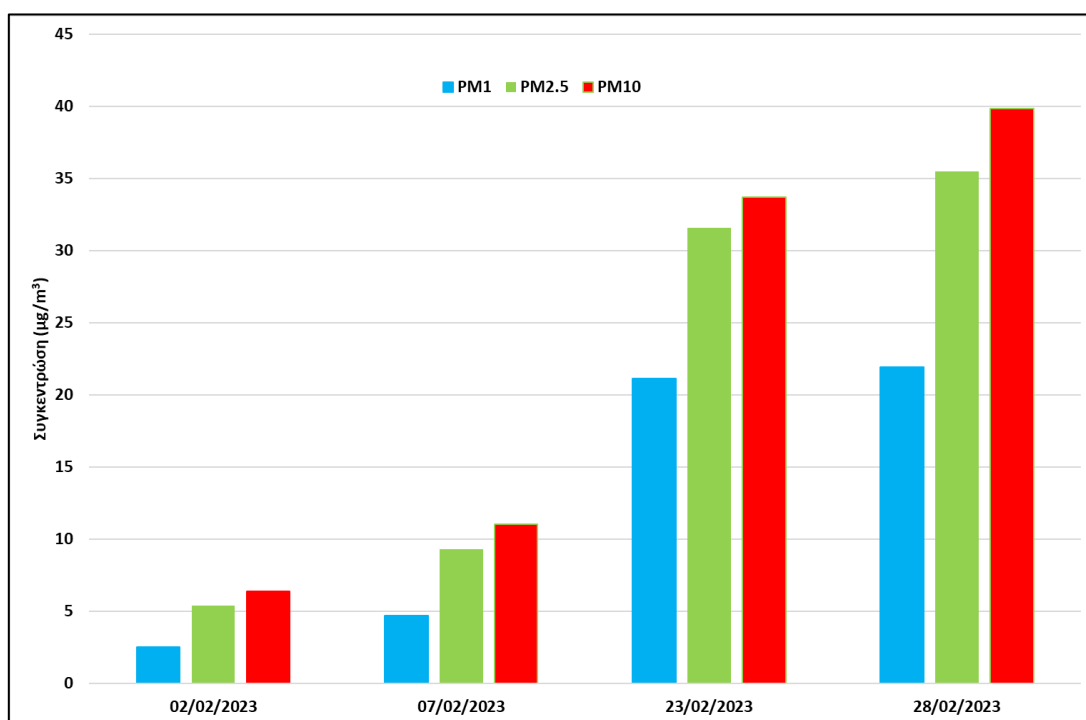


Σχήμα 6.2.6 Διακύμανση PM_{10} Ιανουαρίου.

6.3 Φεβρουάριος

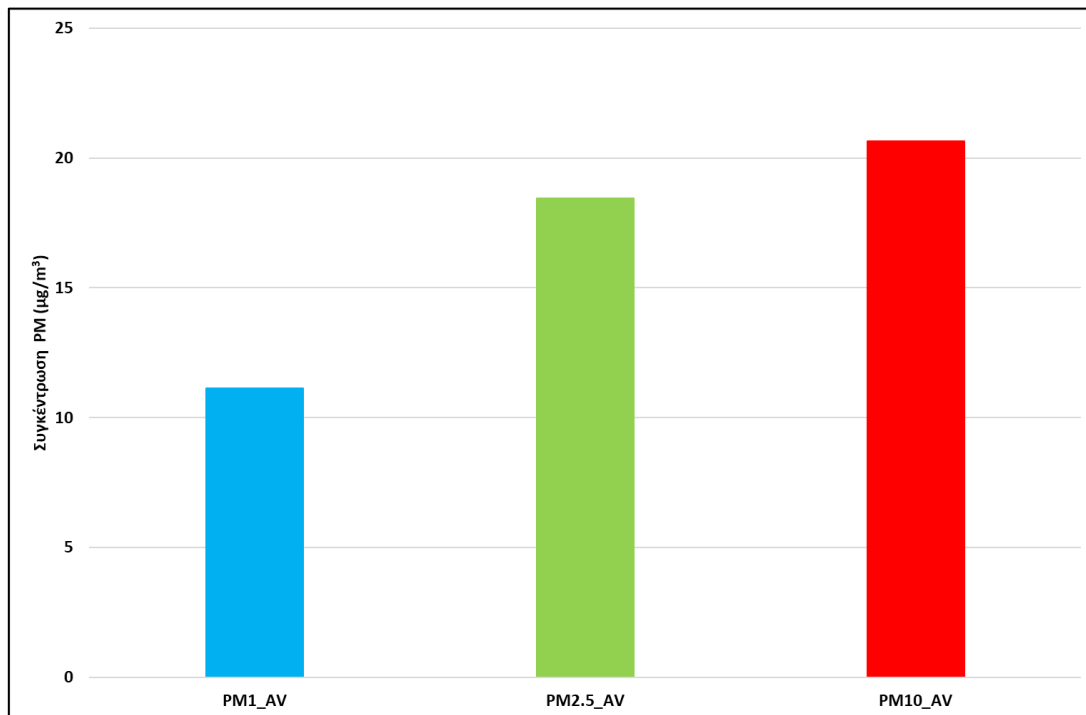
Κατά τον Φεβρουάριο (2023) πραγματοποιήθηκαν συνολικά 6 διαδρομές από 4 ημέρες του μήνα. Οι διαδρομές είχαν 1 επιβάτη, κλειστά παράθυρα και κλειστό αερισμό κατά βάση. Το αυτοκίνητο κινήθηκε σε αστική περιοχή (μέσω του κέντρου της Αθήνας) στις διαδρομές ΠΑΔΑ-Γέρακας-ΠΑΔΑ και Γέρακας-Κολωνός-Γέρακας.

Στο παρακάτω διάγραμμα (**Σχήμα 6.3.1**) παρουσιάζεται η μέση ημερήσια τιμή του μήνα Φεβρουαρίου ανά ρύπο. Στις 2/02, 7/02 και 28/02 πραγματοποιήθηκε η κύρια διαδρομή ΠΑΔΑ-Γέρακας-ΠΑΔΑ, διάρκειας 80 λεπτών η κάθε μία. Επίσης, στις 3/02 και 23/02 πραγματοποιήθηκαν οι διαδρομές Γέρακας-Κολωνός-Γέρακας διάρκειας 65 λεπτών η κάθε μία (3 διαδρομές). Παρατηρείται ότι την ημέρα 28/02 εμφανίστηκαν οι υψηλότερες συγκεντρώσεις $PM_{1.0}$ ($22 \mu\text{g}/\text{m}^3$), $PM_{2.5}$ ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και $PM_{10.0}$ ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ενώ την ημέρα 2/02 εμφανίστηκαν οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις $PM_{1.0}$ ($3 \mu\text{g}/\text{m}^3$), $PM_{2.5}$ ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και $PM_{10.0}$ ($6 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



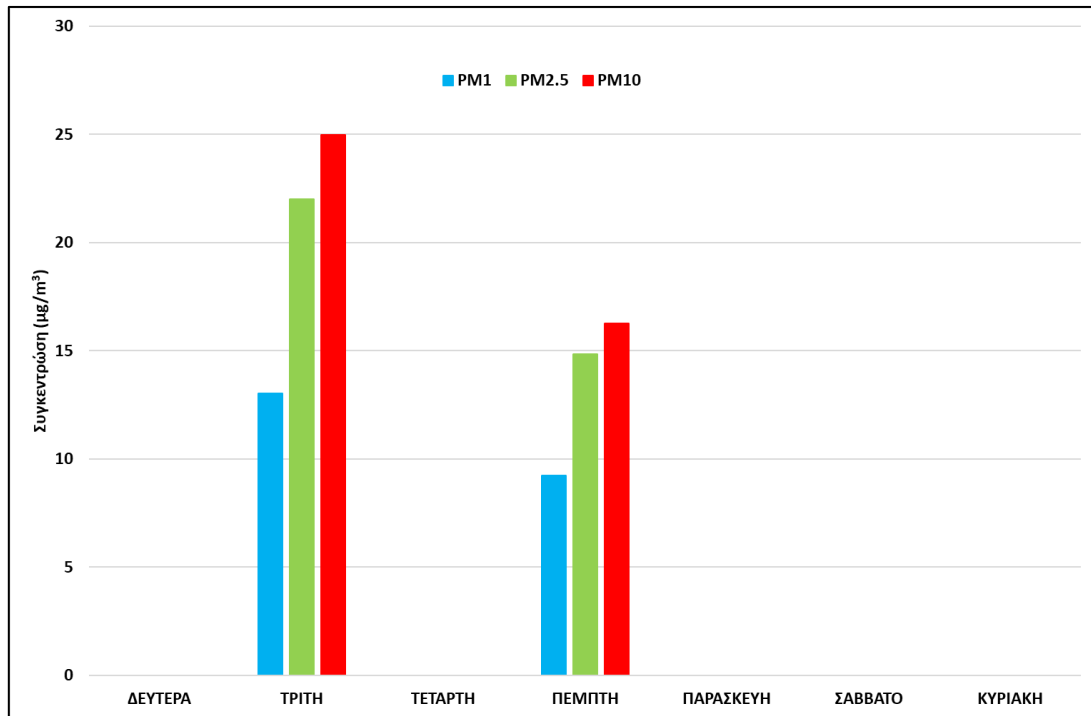
Σχήμα 6.3.1 Μέσες ημερήσιες τιμές (2-λεπτες) Φεβρουαρίου.

Στο διάγραμμα των μέσων μηνιαίων τιμών (**Σχήμα 6.3.2.**) παρατηρείται ότι ο πιο επιδραστικός ρύπος για όλο τον μήνα Φεβρουάριο είναι τα $PM_{10.0}$ ($20.64 \mu\text{g}/\text{m}^3$) σε σχέση με τα $PM_{2.5}$ ($18.44 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και $PM_{1.0}$ ($11.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Η υψηλότερη τιμή σημειώθηκε στις 28/02 με τα $PM_{10.0}$ να φτάνουν τα $64 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



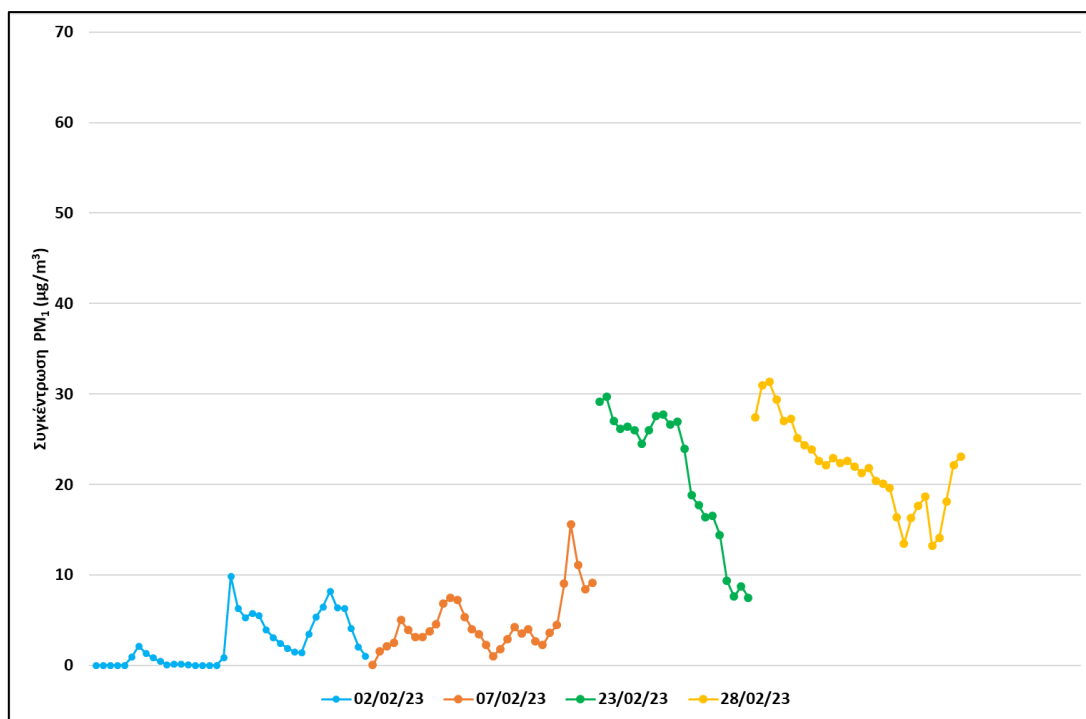
Σχήμα 6.3.2 Μέσες μηνιαίες τιμές (2-λεπτες) Φεβρουαρίου.

Στο **Σχήμα 6.3.3** παρουσιάζονται οι μέσες ημερήσιες-εβδομαδιαίες τιμές του μήνα Φεβρουαρίου. Το σύνολο των μετρήσεων που λήφθηκε, αποτελείται από (2) Τρίτες και (2) Πέμπτες. Παρόλο που δεν έχουμε πλήρη εικόνα όλων των ημερών της βδομάδας παρατηρείται ότι οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις εμφανίζονται την Τρίτη που μπορεί να υπάρξει μεγαλύτερη κίνηση στο αστικό κέντρο.

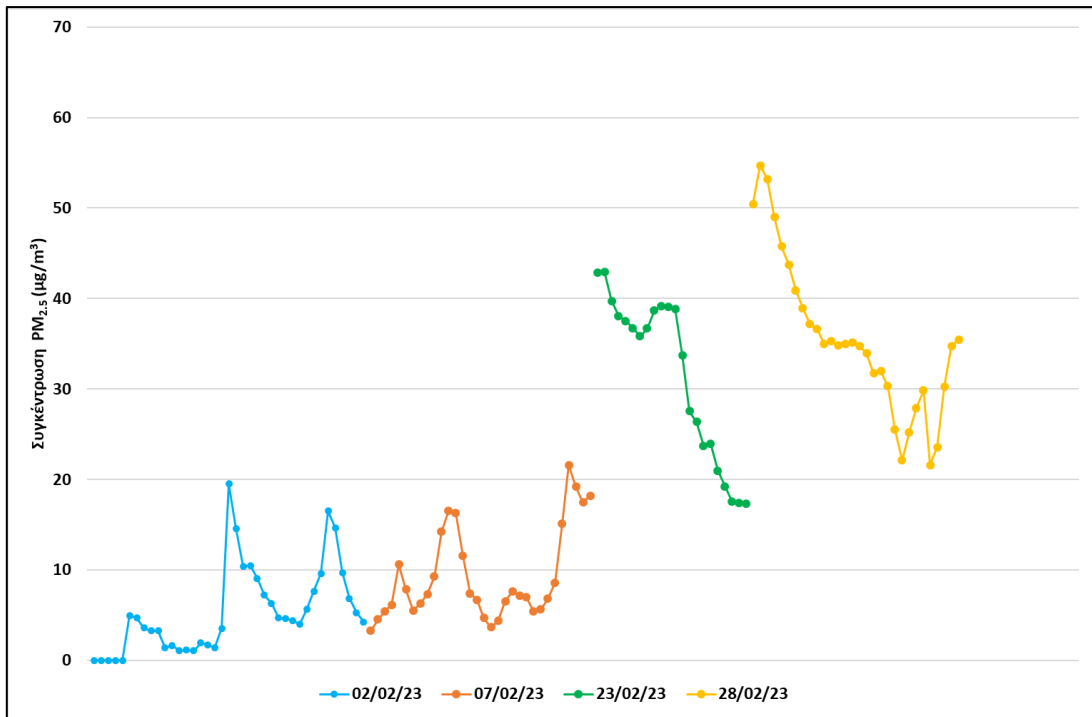


Σχήμα 6.3.3 Μέσες ημερήσιες-εβδομαδιαίες τιμές (2-λεπτες) Φεβρουαρίου.

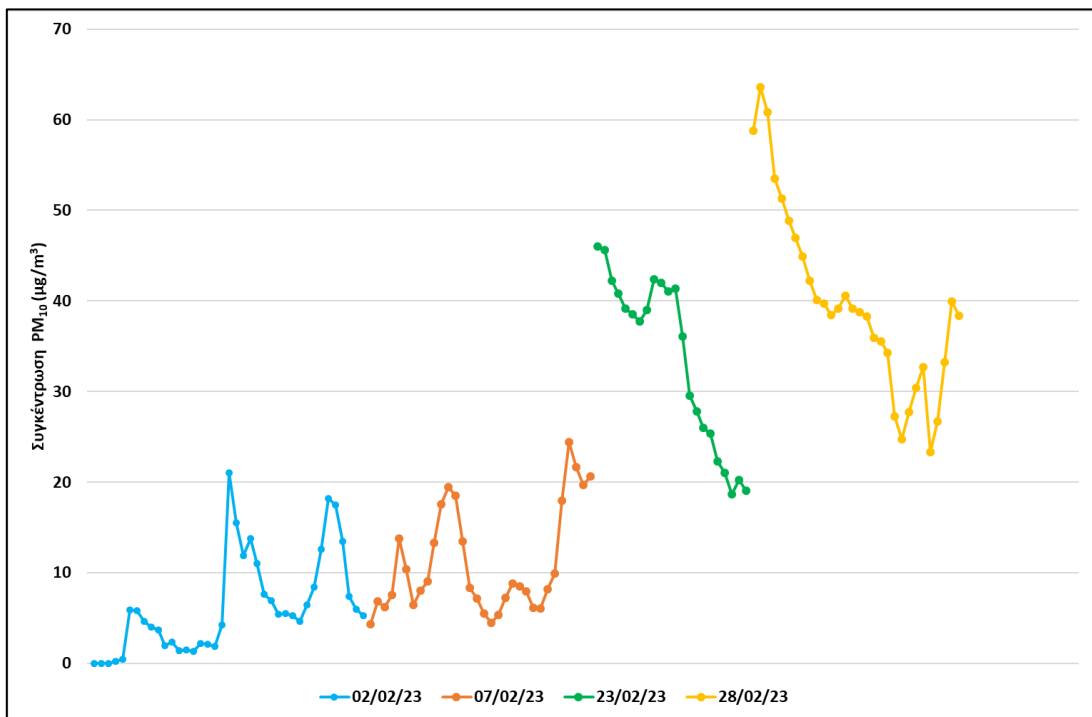
Στα παρακάτω διαγράμματα (Σχήμα 6.3.4, 6.3.5, 6.3.6) παρουσιάζεται η διακύμανση των ρύπων, ανά ημέρα μέτρησης για όλο τον μήνα Φεβρουάριο. Παρατηρείται ότι δεν έχουμε ιδιαίτερα έντονη διακύμανση στις αρχές του μήνα. Τα $PM_{1.0}$ κυμαίνονται από 0-31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, τα $PM_{2.5}$ από 0-55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και τα $PM_{10.0}$ από 0-64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ωστόσο ορισμένες μηδενικές τιμές μπορεί να οφείλονται στο ότι ο αισθητήρας δεν λάμβανε μετρήσεις εκείνη την χρονική στιγμή λόγω κάποιου σφάλματος καταγραφής. Η υψηλότερη τιμή και για τους τρεις ρύπους καταγράφηκε στις 28/02 όπου πραγματοποιήθηκε 1 διαδρομή διάρκειας 80 λεπτών με $PM_{1.0}$ (31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), $PM_{2.5}$ (55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) και $PM_{10.0}$ (64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Ενώ, η χαμηλότερη τιμή εμφανίστηκε στις 2/02 όπου είχαμε 1 διαδρομή διάρκειας 80 λεπτών με τους τρεις ρύπους να εμφανίζουν μηδενική τιμή. Ωστόσο, ορισμένες μηδενικές τιμές μπορεί να οφείλονται στο ότι ο αισθητήρας δεν λάμβανε μετρήσεις εκείνη την χρονική στιγμή λόγω κάποιου σφάλματος καταγραφής.



Σχήμα 6.3.4 Διακύμανση PM_1 Φεβρουαρίου.



Σχήμα 6.3.5 Διακύμανση $PM_{2.5}$ Φεβρουαρίου.

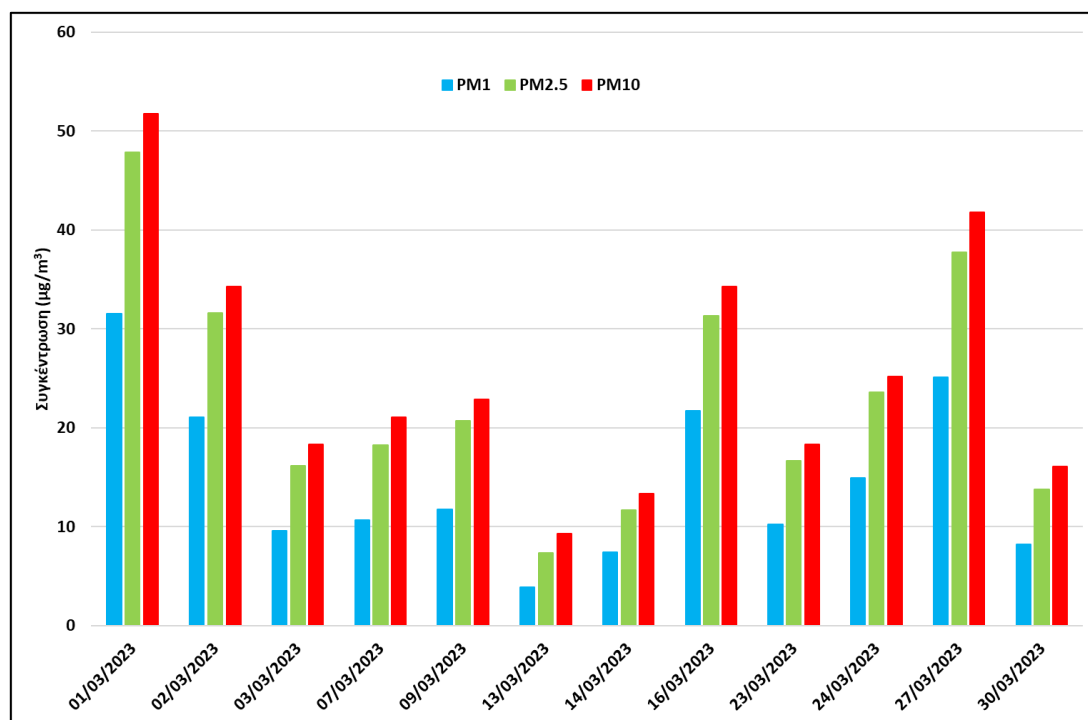


Σχήμα 6.3.6 Διακύμανση PM_{10} Φεβρουαρίου.

6.4 Μάρτιος

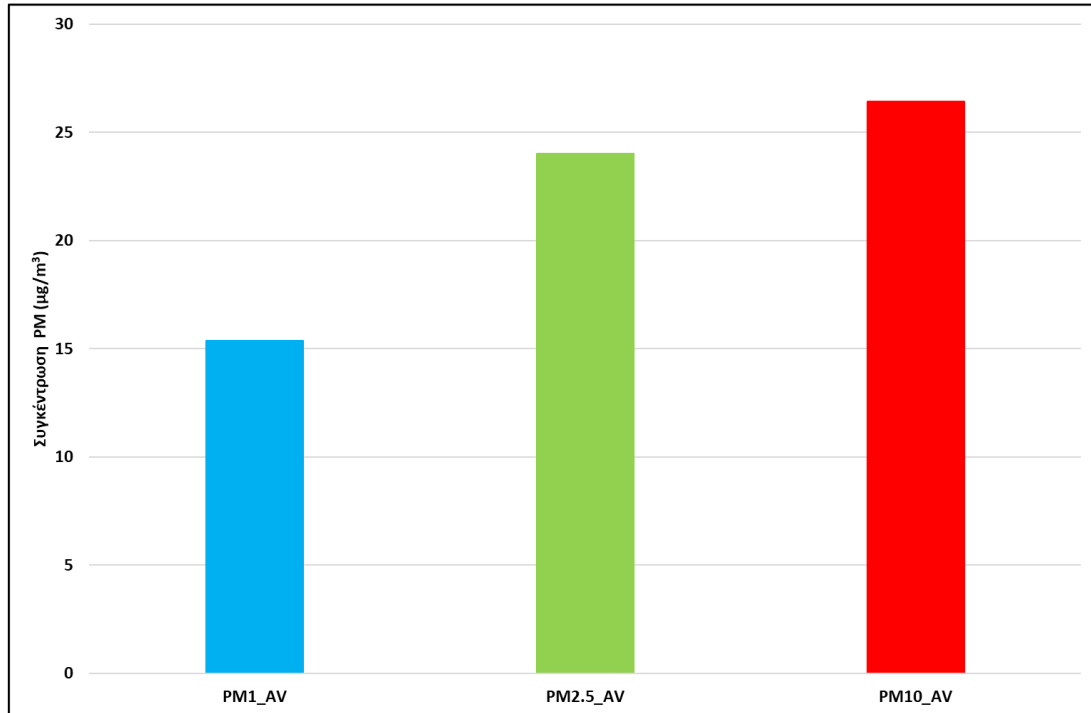
Για τον μήνα Μάρτιο (2023) λήφθηκαν οι περισσότερες μετρήσεις στην διάρκεια του 8-μήνου. Συνολικά πάρθηκαν μετρήσεις από 12 μέρες με σύνολο 17 διαδρομές όπου είναι οι περισσότερες που συλλέχθηκαν κατά το 8-μηνο. Η μέση διάρκεια της κάθε διαδρομής ήταν 60 λεπτά με 1 επιβάτη, τόσο με κλειστά όσο και ανοιχτά παράθυρα. Το αυτοκίνητο κινήθηκε σε αστική περιοχή (μέσω του κέντρου) στις διαδρομές ΠΑΔΑ-Γέρακας-ΠΑΔΑ και ΠΑΔΑ-Αγία Παρασκευή-ΠΑΔΑ.

Στο **Σχήμα 6.4.1** φαίνονται οι μέσες ημερήσιες τιμές του μήνα Μάρτιου. Όλες τις ημέρες πραγματοποιήθηκε η διαδρομή ΠΑΔΑ-Γέρακας-ΠΑΔΑ, 16 φορές με μια μέση διάρκεια 60 λεπτά, εκτός από τις 13/03 όπου πραγματοποιήθηκε 1 διαδρομή (Αγία Παρασκευή-ΠΑΔΑ-Αγία Παρασκευή) διάρκειας 70 λεπτών. Παρατηρείται μία αύξηση των συγκεντρώσεων τις μέρες 1/03, 2/03, 16/03 και 27/03 κάτι που μπορεί να οφείλεται σε υψηλότερη κυκλοφοριακή συμφόρηση οχημάτων τις συγκεκριμένες μέρες στο αστικό κέντρο της Αθήνας. Στις 1/03 εμφανίστηκαν οι υψηλότερες τιμές του μήνα Μάρτιου $PM_{1.0}$ ($31.56 \mu\text{g}/\text{m}^3$), $PM_{2.5}$ ($47.84 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και $PM_{10.0}$ ($51.72 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ενώ στις 13/03 καταγράφηκαν οι χαμηλότερες τιμές $PM_{1.0}$ ($3.93 \mu\text{g}/\text{m}^3$), $PM_{2.5}$ ($7.40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και $PM_{10.0}$ ($9.32 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



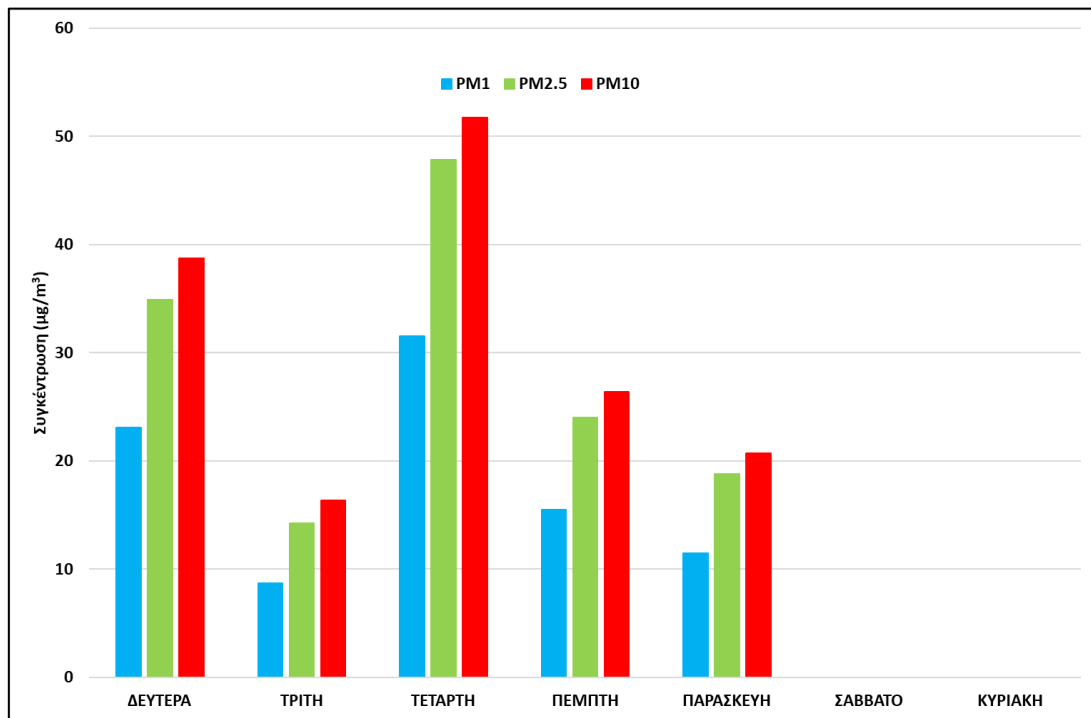
Σχήμα 6.4.1 Μέσες ημερήσιες τιμές (2-λεπτες) Μαρτίου.

Στο διάγραμμα με τις μέσες μηνιαίες τιμές (**Σχήμα 6.4.2.**) παρατηρείται ότι ο πιο επιδραστικός ρύπος για όλο τον μήνα Μάρτιο είναι τα $PM_{10.0}$ ($26.44 \mu\text{g}/\text{m}^3$) σε σχέση με τα $PM_{2.5}$ ($24.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και $PM_{1.0}$ ($15.36 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Η υψηλότερη τιμή των $PM_{10.0}$ που καταγράφηκε ήταν $68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 2/03.



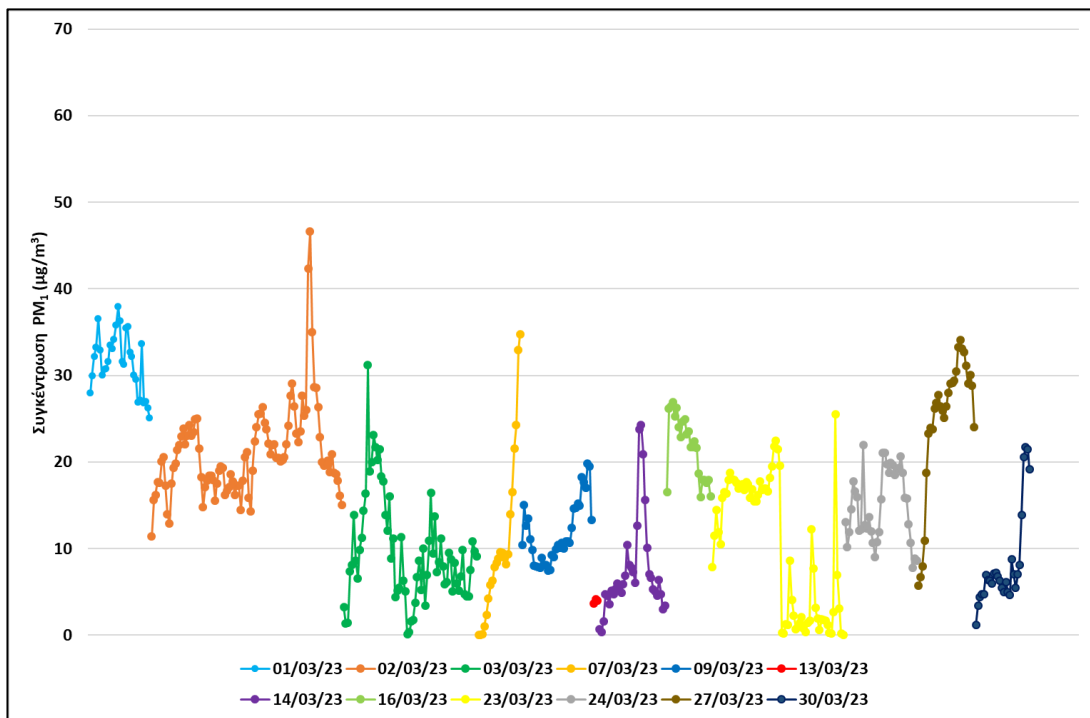
Σχήμα 6.4.2 Μέσες μηνιαίες τιμές (2-λεπτες) Μαρτίου.

Στο **Σχήμα 6.4.3** παρουσιάζονται οι μέσες ημερήσιες-εβδομαδιαίες τιμές του μήνα Μαρτίου. Πιο συγκεκριμένα, το σύνολο των μετρήσεων που λήφθηκαν αποτελείται από (2) Δευτέρες, (2) Τρίτες, (1) Τετάρτη, (5) Πέμπτες και (1) Παρασκευή. Παρατηρείται ότι την Δευτέρα και την Τετάρτη έχουμε πιο έντονη αύξηση των συγκεντρώσεων. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε συσσώρευση των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα και σε υψηλότερη κίνηση των αυτοκινήτων τις συγκεκριμένες μέρες της εβδομάδας.

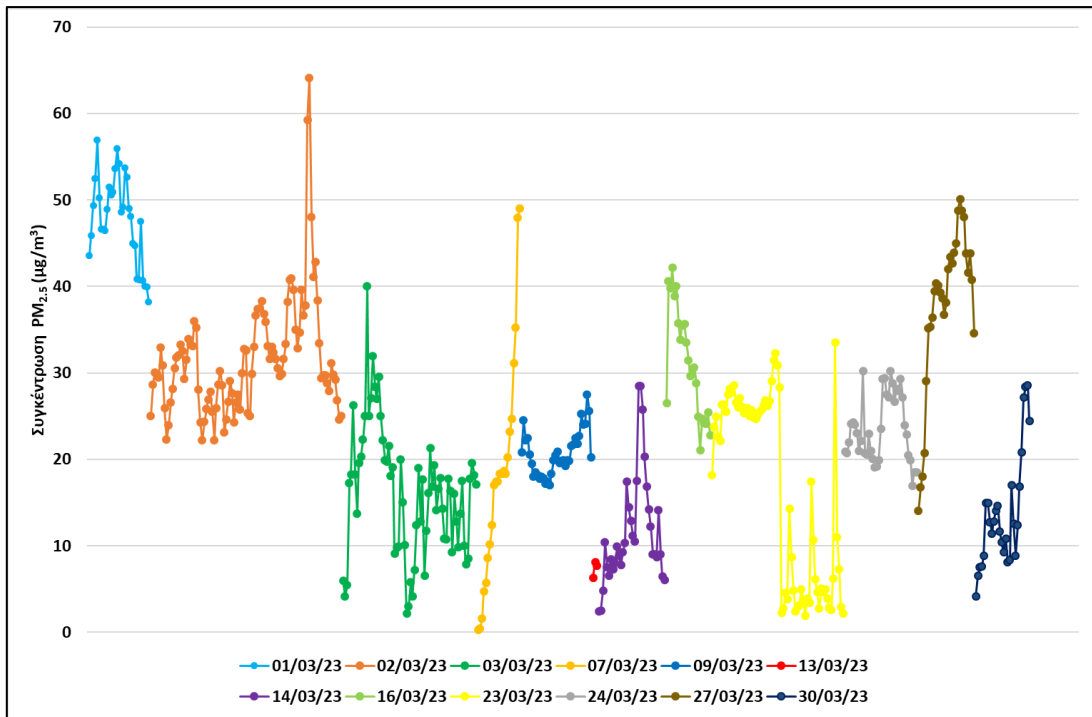


Σχήμα 6.4.3 Μέσες ημερήσιες-εβδομαδιαίες τιμές (2-λεπτες) Μαρτίου.

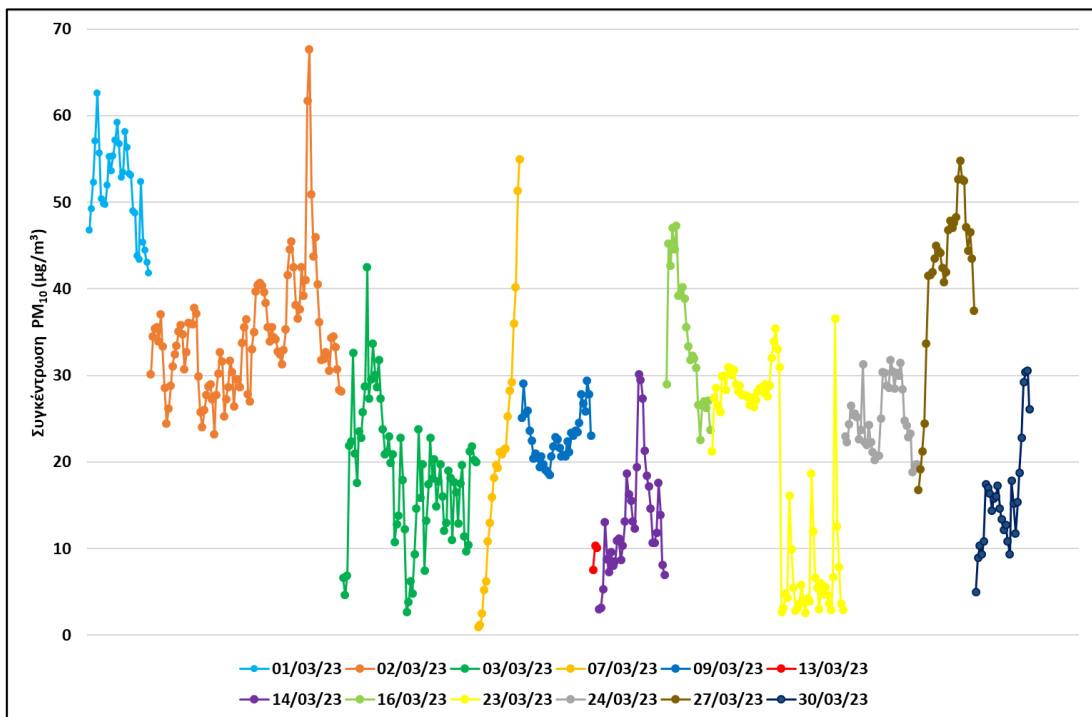
Στα παρακάτω διαγράμματα (Σχήματα 6.4.4, 6.4.5, 6.4.6) φαίνονται οι διακυμάνσεις των τριών ρύπων ανά ημέρα για τον μήνα Μάρτιο. Τα $PM_{1.0}$ κυμαίνονται από 0-47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, τα $PM_{2.5}$ από 0-64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και τα $PM_{10.0}$ από 0-68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Παρατηρούνται έντονες διακυμάνσεις σε όλη την διάρκεια του μήνα. Τον συγκεκριμένο μήνα παρατηρήθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις σε όλους τους ρύπους, με την μεγαλύτερη τιμή να εμφανίζεται στις 2/03 με $PM_{1.0}$ (47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), $PM_{2.5}$ (64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) και $PM_{10.0}$ (68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), όπου πραγματοποιήθηκαν 2 διαδρομές διάρκειας 90 και 120 λεπτών. Οι χαμηλότερες τιμές εμφανίστηκαν στις 23/03 όπου πραγματοποιήθηκαν 2 διαδρομές διάρκειας 70 και 60 λεπτών.



Σχήμα 6.4.4 Διακύμανση PM_1 Μαρτίου.



Σχήμα 6.4.5 Διακύμανση $PM_{2.5}$ Μαρτίου.

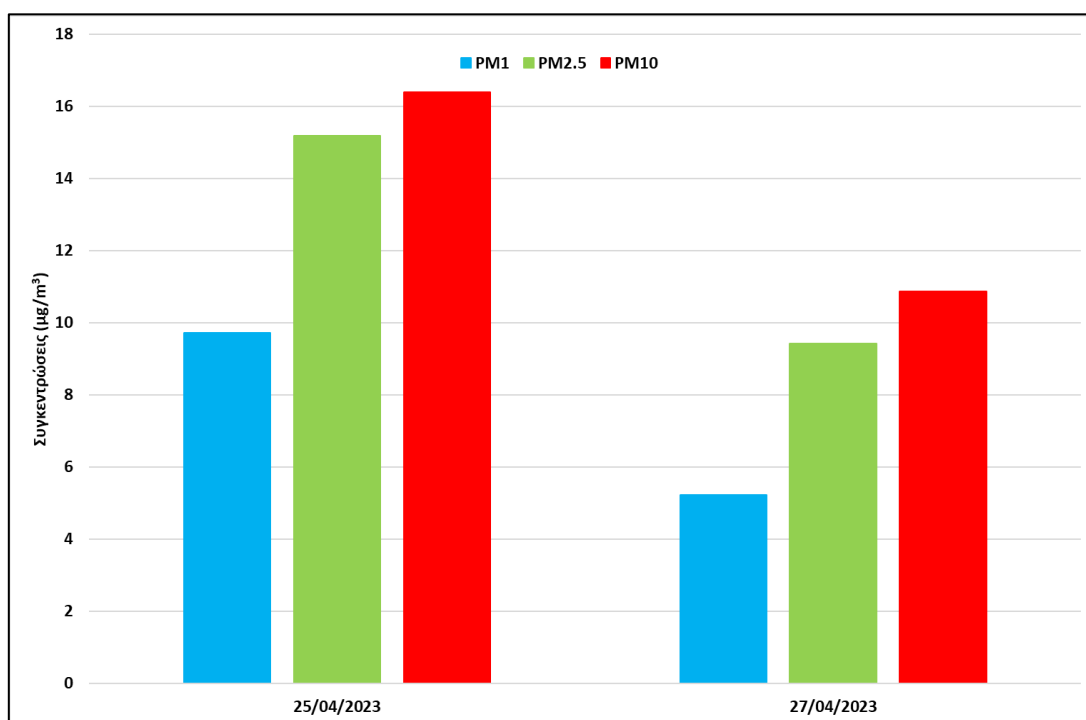


Σχήμα 6.4.6 Διακύμανση PM_{10} Μαρτίου.

6.5 Απρίλιος

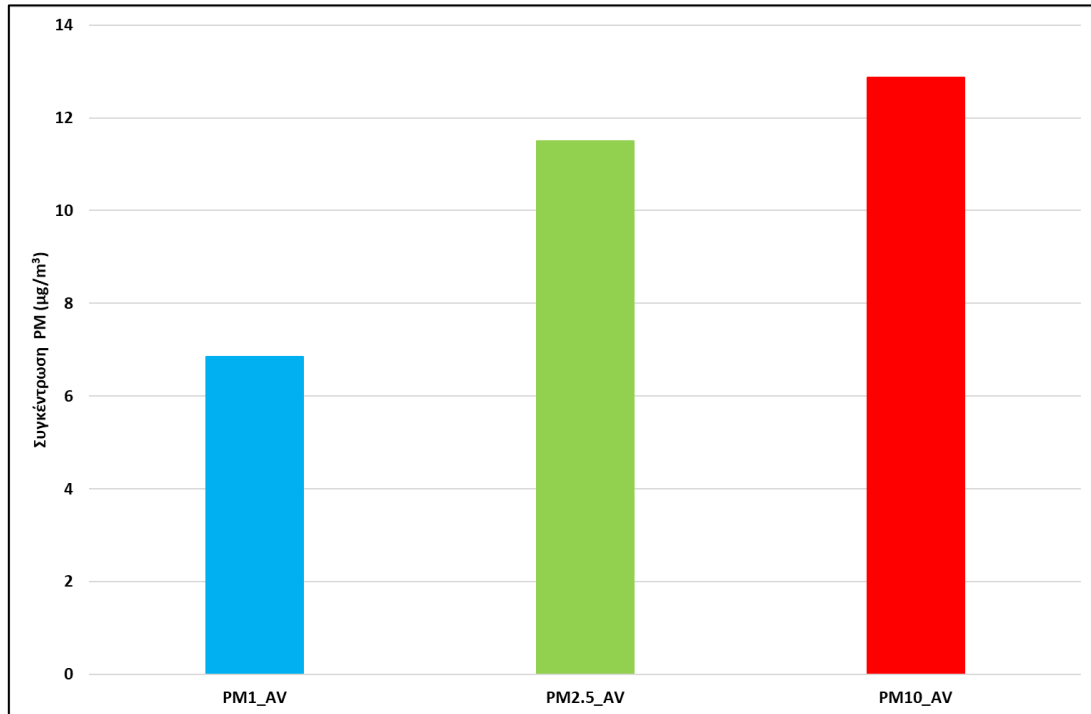
Για τον μήνα Απρίλιο (2023) δεν λήφθηκαν αρκετές μετρήσεις από το όργανο. Έτσι, τα παρακάτω διαγράμματα αποτελούνται από το αποτέλεσμα 2 ημερών με σύνολο 3 διαδρομών με 1 επιβάτη και ανοιχτά παράθυρα.

Οι τρεις διαδρομές όπου λήφθηκαν οι μετρήσεις ήταν από τη διαδρομή ΠΑΔΑ-Γέρακας-ΠΑΔΑ μέσω του κέντρου της Αθήνας, διάρκειας 1 ώρας η καθεμία. Στις 25/04 πραγματοποιήθηκε μία διαδρομή ενώ στις 27/04 πραγματοποιήθηκαν δύο διαδρομές. Στο **Σχήμα 6.5.1** όπου εμφανίζονται οι μέσες ημερήσιες τιμές του μήνα Απριλίου παρατηρείται ότι στις 25/04 είχαμε υψηλότερες συγκεντρώσεις με τιμές: $PM_{1.0}$ ($9.73 \mu\text{g}/\text{m}^3$), $PM_{2.5}$ ($15.17 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και $PM_{10.0}$ ($16.40 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



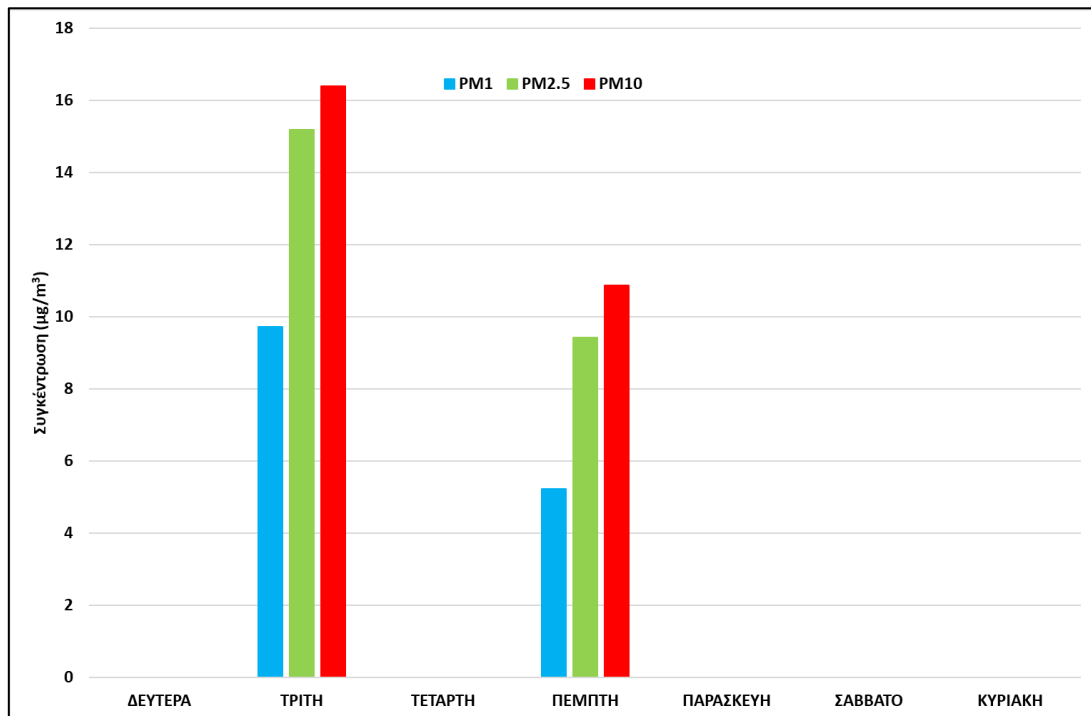
Σχήμα 6.5.1 Μέσες ημερήσιες τιμές (2-λεπτες) Απριλίου.

Στο **Σχήμα 6.5.2** των μέσων μηνιαίων τιμών παρά τις ελάχιστες μετρήσεις που υπήρχαν, φαίνεται και πάλι ότι τα $PM_{10.0}$ ($26.44 \mu\text{g}/\text{m}^3$) είναι ο επιδραστικότερος ρύπος έναντι των $PM_{2.5}$ ($24.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και $PM_{1.0}$ ($15.36 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



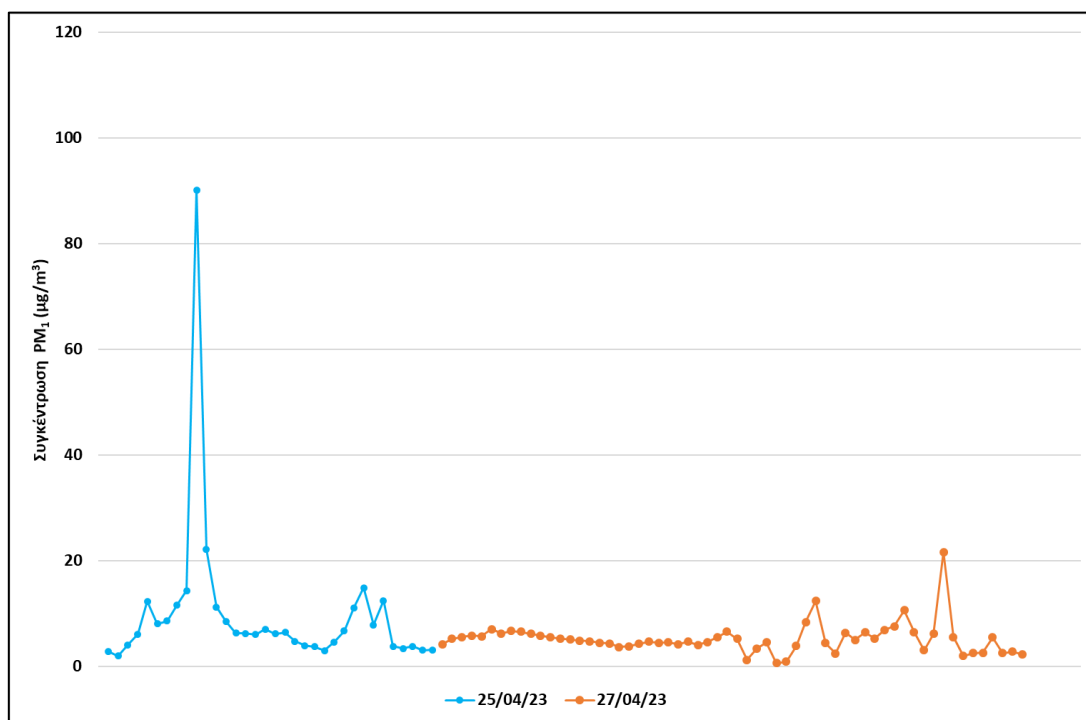
Σχήμα 6.5.2 Μέσες μηνιαίες τιμές (2-λεπτες) Απριλίου.

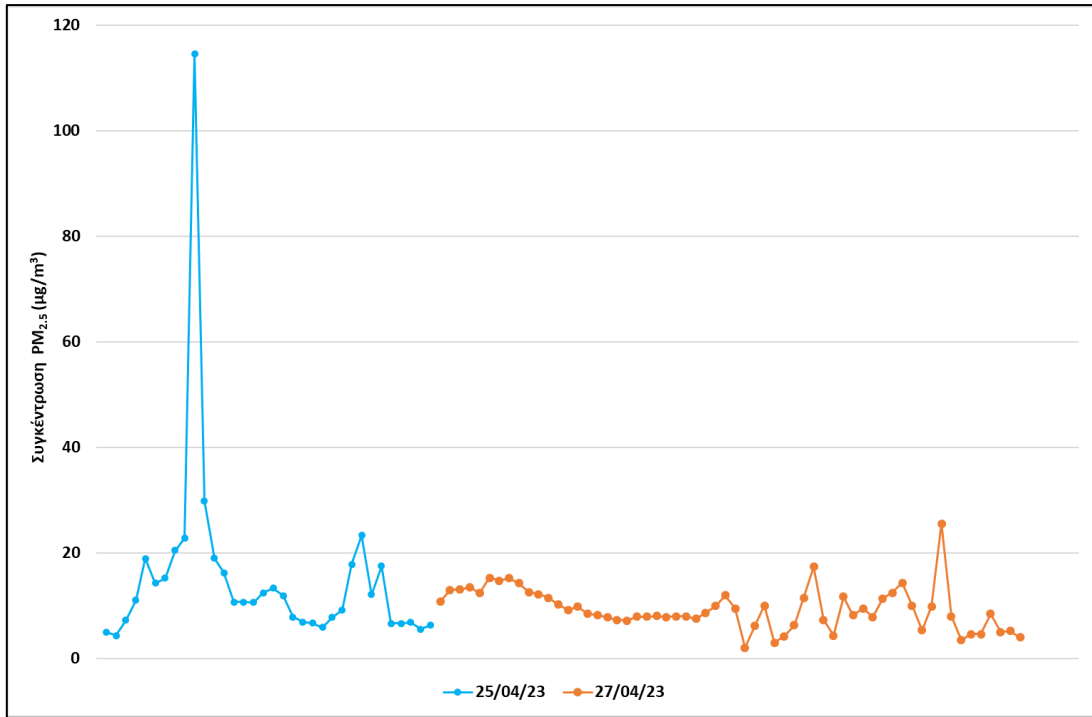
Στο γράφημα των μέσων ημερήσιων-εβδομαδιαίων τιμών (Σχήμα 6.5.3) λήφθηκαν μετρήσεις από (1) Τρίτη και (1) Πέμπτη του μήνα Απριλίου. Την Τρίτη παρατηρήθηκαν υψηλότερες τιμές της βδομάδας.



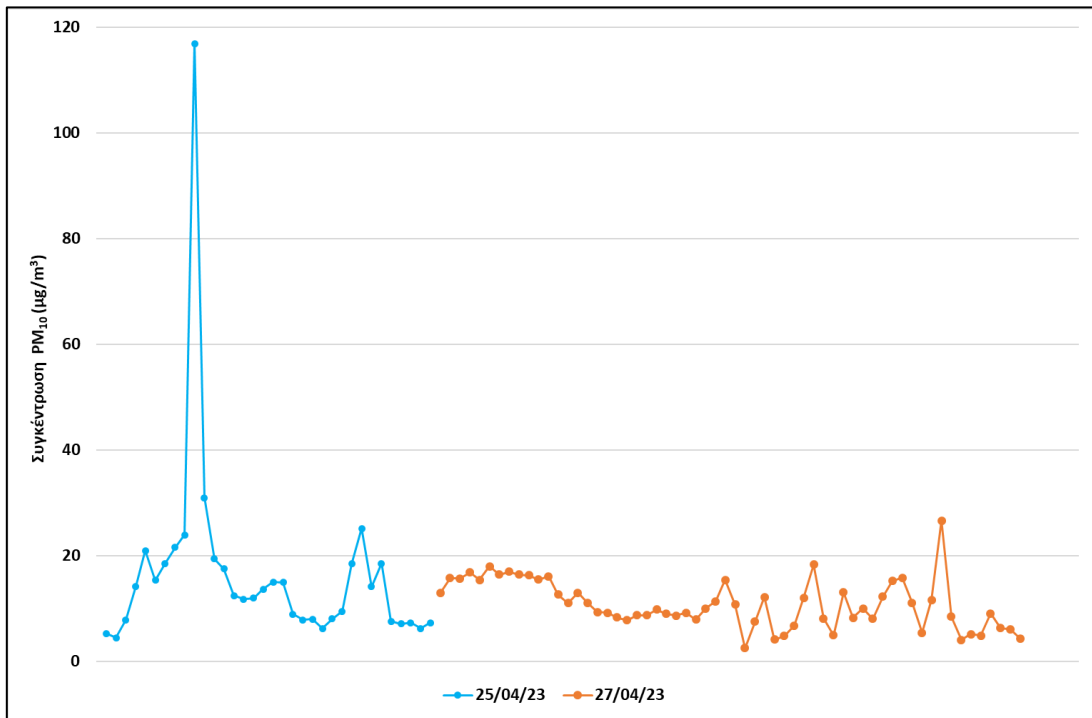
Σχήμα 6.5.3 Μέσες ημερήσιες-εβδομαδιαίες τιμές (2-λεπτες) Απριλίου.

Στα (Σχήματα 6.5.4, 6.5.5, 6.5.6) παρουσιάζεται η διακύμανση των ρύπων, ανά ημέρα μέτρησης του Απριλίου. Τα $PM_{1.0}$ κυμαίνονται από 1-22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, τα $PM_{2.5}$ από 2-26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και τα $PM_{10.0}$ από 3-31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Αξίζει να σημειωθεί ότι ενώ έχουμε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις και ήπιες διακυμάνσεις, παρουσιάζεται μια μέγιστη τιμή στις 25/04 με $PM_{1.0}$ (31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), $PM_{2.5}$ (55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) και $PM_{10.0}$ (64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Αυτό μπορεί να οφείλεται σε συστηματικό ή τυχαίο σφάλμα του οργάνου ή σε κάποια στιγμιαία πηγή ρύπανσης την δεδομένη στιγμή της λήψης.





Σχήμα 6.5.5 Διακύμανση $PM_{2.5}$ Απριλίου.

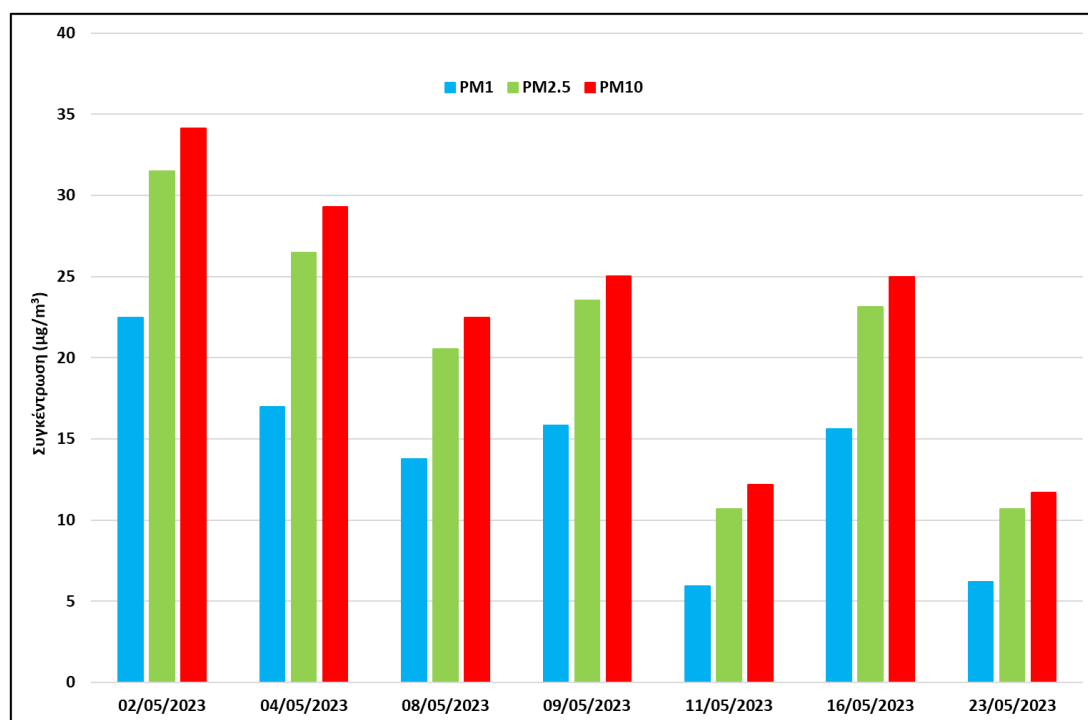


Σχήμα 6.5.6 Διακύμανση PM_{10} Απριλίου.

6.6 Μάιος

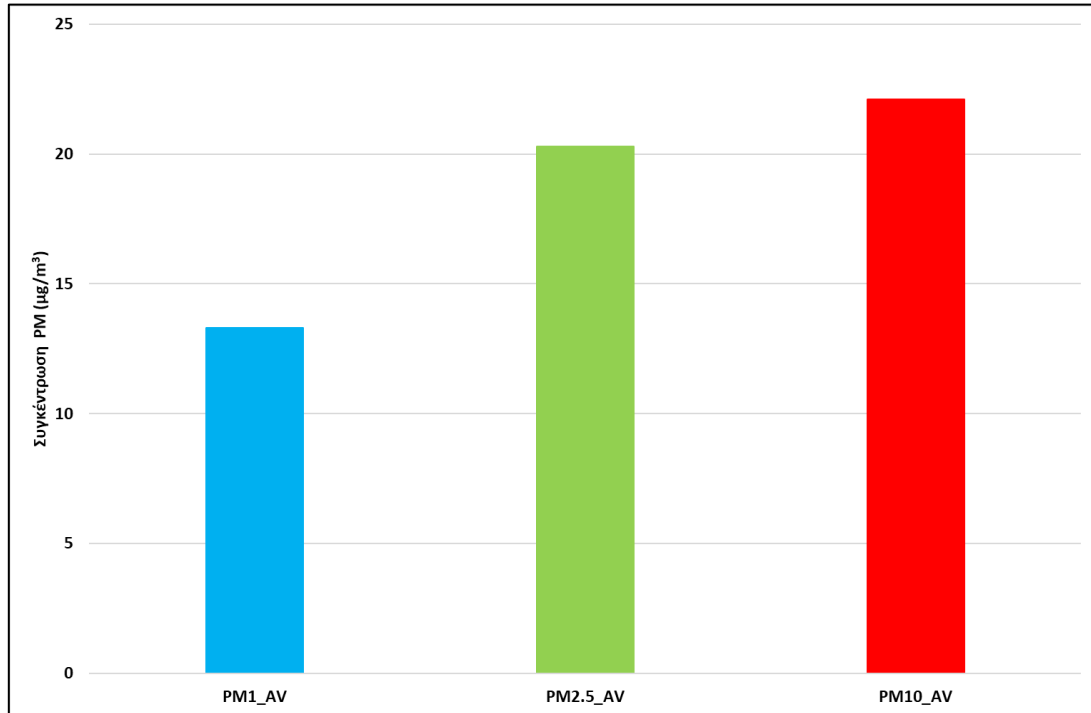
Οι μετρήσεις του Μαΐου (2023) λήφθηκαν από 7 ημέρες του μήνα με σύνολο 7 διαδρομών με 1 επιβάτη, κλειστή θέρμανση και ανοιχτά παράθυρα κατά βάση. Όλες τις ημέρες πραγματοποιήθηκε η διαδρομή ΠΑΔΑ-Γέρακας-ΠΑΔΑ σε αστικό περιβάλλον μέσω του κέντρου της Αθήνας. Αναλυτικά, στις 2/05 πραγματοποιήθηκε μία διαδρομή διάρκειας 45 λεπτών. Στις 4/05, 11/05, 16/05 πραγματοποιήθηκε μία διαδρομή ανά ημέρα, διάρκειας 60 λεπτών η κάθε μία. Στις 8/05 και 9/05 πραγματοποιήθηκε μία διαδρομή ανά ημέρα, διάρκειας 70 λεπτών η καθεμιά. Τέλος, στις 23/05 πραγματοποιήθηκε μία διαδρομή διάρκειας 90 λεπτών.

Στις μέσες ημερήσιες τιμές του Μαΐου (**Σχήμα 6.6.1**) παρατηρούνται αυξημένες συγκεντρώσεις κυρίως στις αρχές του μήνα. Στις 2/05 σημειώθηκαν οι μεγαλύτερες τιμές ανά ρύπο με τα $PM_{1.0}$ ($22.47 \mu g/m^3$), $PM_{2.5}$ ($31.48 \mu g/m^3$) και $PM_{10.0}$ ($34.16 \mu g/m^3$). Ενώ οι χαμηλότερες τιμές καταγράφηκαν στις 11/05 με τα $PM_{1.0}$ ($5.92 \mu g/m^3$), $PM_{2.5}$ ($10.70 \mu g/m^3$) και $PM_{10.0}$ ($12.20 \mu g/m^3$).



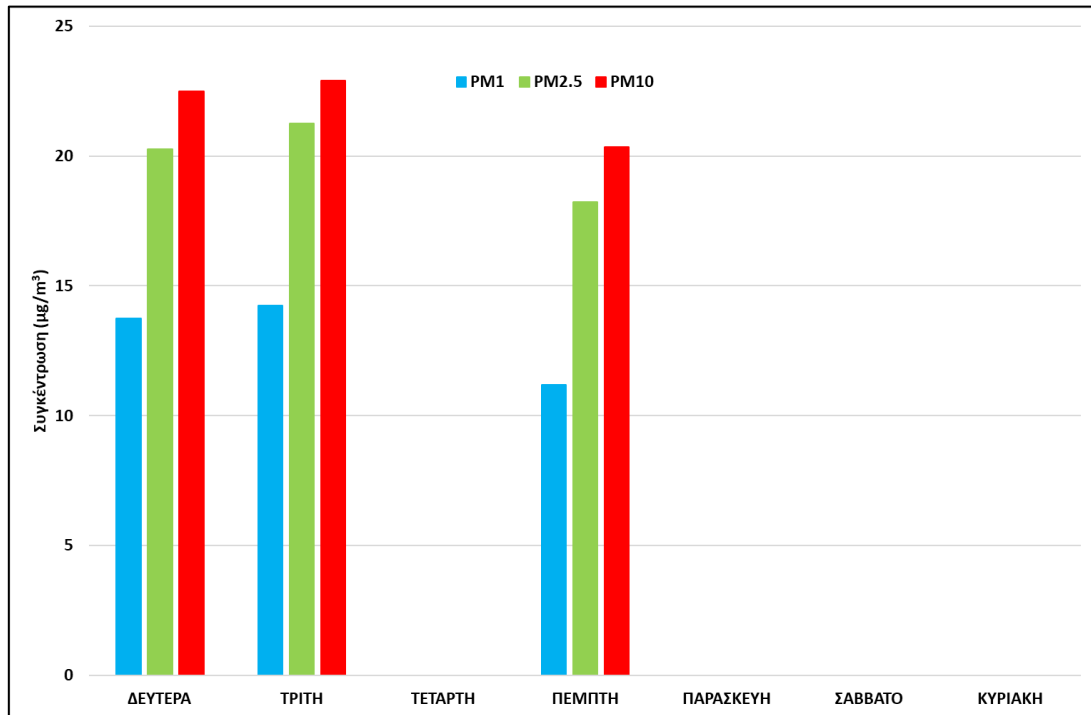
Σχήμα 6.6.1 Μέσες ημερήσιες τιμές (2-λεπτες) Μαΐου.

Στο διάγραμμα με τις μέσες μηνιαίες τιμές (**Σχήμα 6.6.2.**) παρατηρείται ότι ο πιο επιδραστικός ρύπος για όλο τον μήνα Νοέμβριο είναι τα $PM_{10.0}$ ($22.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$) σε σχέση με τα $PM_{2.5}$ ($20.28 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και $PM_{1.0}$ ($13.31 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Η υψηλότερη τιμή των $PM_{10.0}$ ($52 \mu\text{g}/\text{m}^3$) καταγράφηκε στις 4/05.



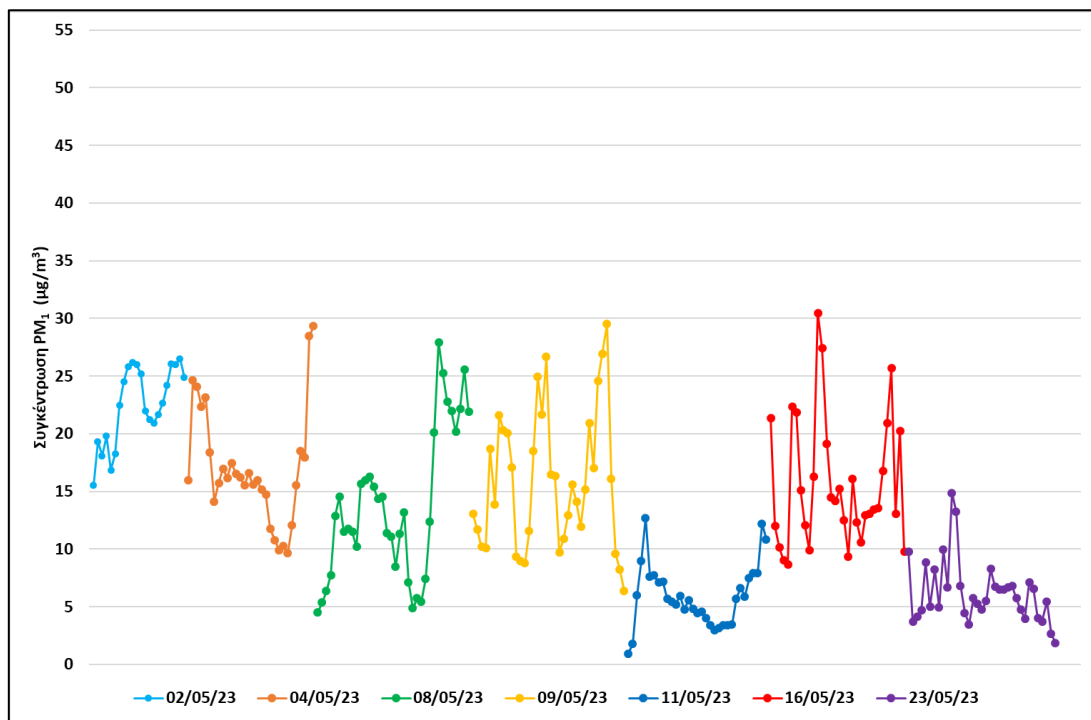
Σχήμα 6.6.2 Μέσες μηνιαίες τιμές (2-λεπτες) Μαΐου.

Στο Σχήμα 6.6.3 παρουσιάζονται οι μέσες ημερήσιες-εβδομαδιαίες τιμές του μήνα Μαΐου. Πιο συγκεκριμένα, το σύνολο των μετρήσεων αποτελείται από (1) Δευτέρα, (4) Τρίτες και (2) Πέμπτες. Παρατηρείται ότι οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις εμφανίζονται την ημέρα Τρίτη.

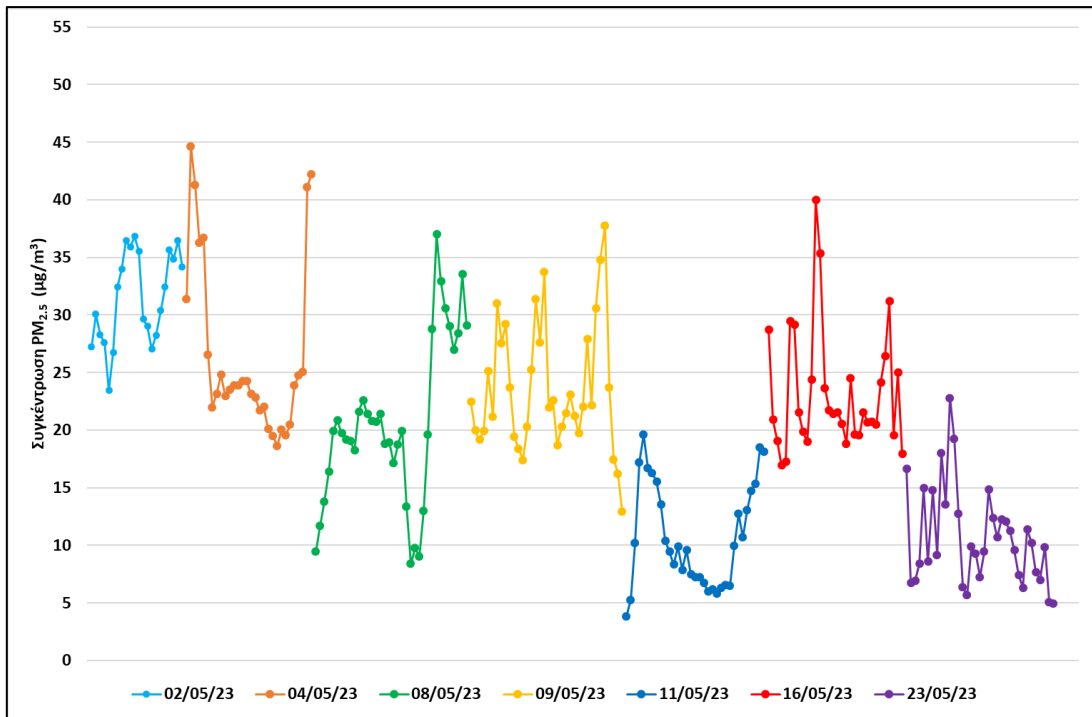


Σχήμα 6.6.3 Μέσες ημερήσιες-εβδομαδιαίες τιμές (2-λεπτες) Μαΐου.

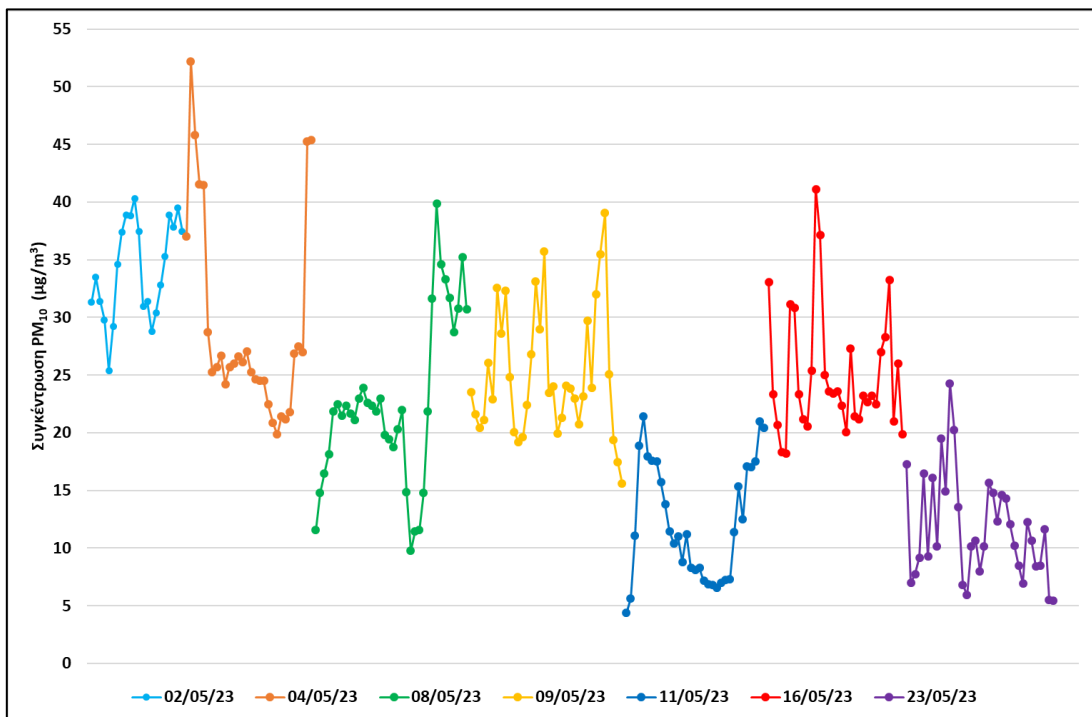
Στα παρακάτω διαγράμματα (Σχήμα 6.6.4, 6.6.5, 6.6.6) παρουσιάζεται η διακύμανση των ρύπων, ανά ημέρα μέτρησης για όλο τον μήνα Μάιο. Παρατηρείται έντονη διακύμανση σε κάθε ρύπο, κυρίως στα $PM_{10.0}$. Τα $PM_{1.0}$ κυμαίνονται από 1-30 $\mu g/m^3$, τα $PM_{2.5}$ από 4-45 $\mu g/m^3$ και τα $PM_{10.0}$ από 4-52 $\mu g/m^3$. Η υψηλότερη τιμή για τα $PM_{10.0}$ και $PM_{2.5}$ καταγράφηκε στις 4/05 όπου πραγματοποιήθηκε 1 διαδρομή διάρκειας 60 λεπτών με τιμές 52 $\mu g/m^3$ και 45 $\mu g/m^3$ αντίστοιχα. Ενώ για τα $PM_{1.0}$ η υψηλότερη τιμή σημειώθηκε στις 16/05 με τιμή 30 $\mu g/m^3$. Οι χαμηλότερες τιμές και για τους τρεις ρύπους εμφανίστηκαν την ημέρα 11/05 όπου πραγματοποιήθηκε 1 διαδρομή διάρκειας 60 λεπτών.



Σχήμα 6.6.4 Διακύμανση PM_1 Μαΐου.



Σχήμα 6.6.5 Διακύμανση $PM_{2.5}$ Μαΐου.

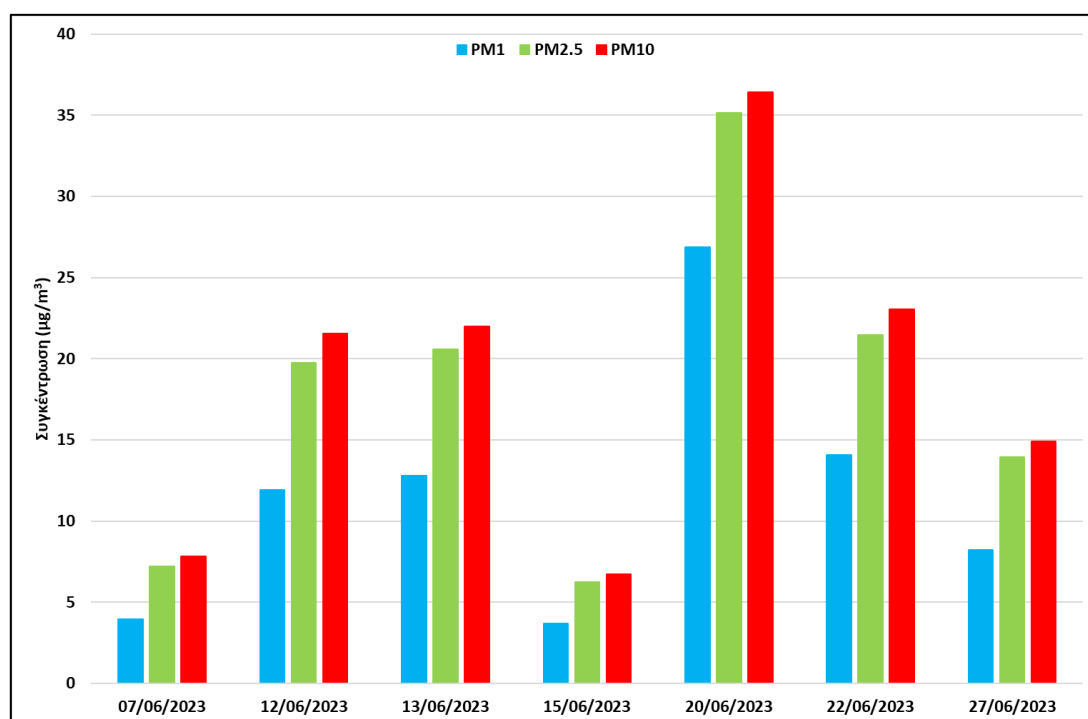


Σχήμα 6.6.6 Διακύμανση PM_{10} Μαΐου.

6.7 Ιούνιος

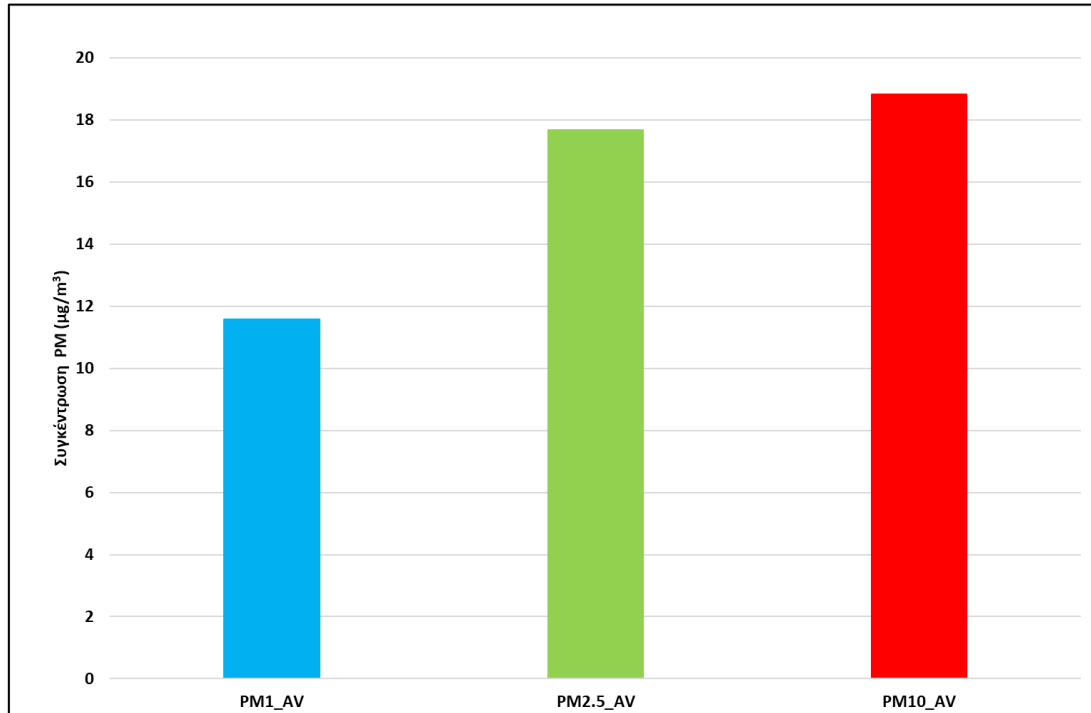
Οι μετρήσεις του Ιουνίου (2023) λήφθηκαν από 7 ημέρες του μήνα με σύνολο 8 διαδρομές, με 1 επιβάτη, ανοιχτό κλιματισμό και κλειστά παράθυρα κατά βάση.

Η διαδρομή που πραγματοποιήθηκε ήταν ΠΑΔΑ-Γέρακας-ΠΑΔΑ με μια μέση διάρκεια 58 λεπτών για όλες τις διαδρομές. Όλες τις ημέρες του μήνα πραγματοποιήθηκε μια διαδρομή εκτός από τις 27/06 όπου πραγματοποιήθηκαν δύο διαδρομές. Στο (Σχήμα 6.7.1) των μέσων ημερήσιων τιμών του μήνα Ιουνίου παρατηρείται ότι οι συγκεντρώσεις κυμαίνονται σε χαμηλά πλαίσια με τις μέγιστες συγκεντρώσεις των ρύπων να παρατηρούνται στις 20/06 με $PM_{1.0}$ ($27 \mu\text{g}/\text{m}^3$), $PM_{2.5}$ ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και $PM_{10.0}$ ($36 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Ενώ, οι χαμηλότερες τιμές εμφανίστηκαν στις 15/06 με τιμές: $PM_{1.0}$ ($4 \mu\text{g}/\text{m}^3$), $PM_{2.5}$ ($6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και $PM_{10.0}$ ($7 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



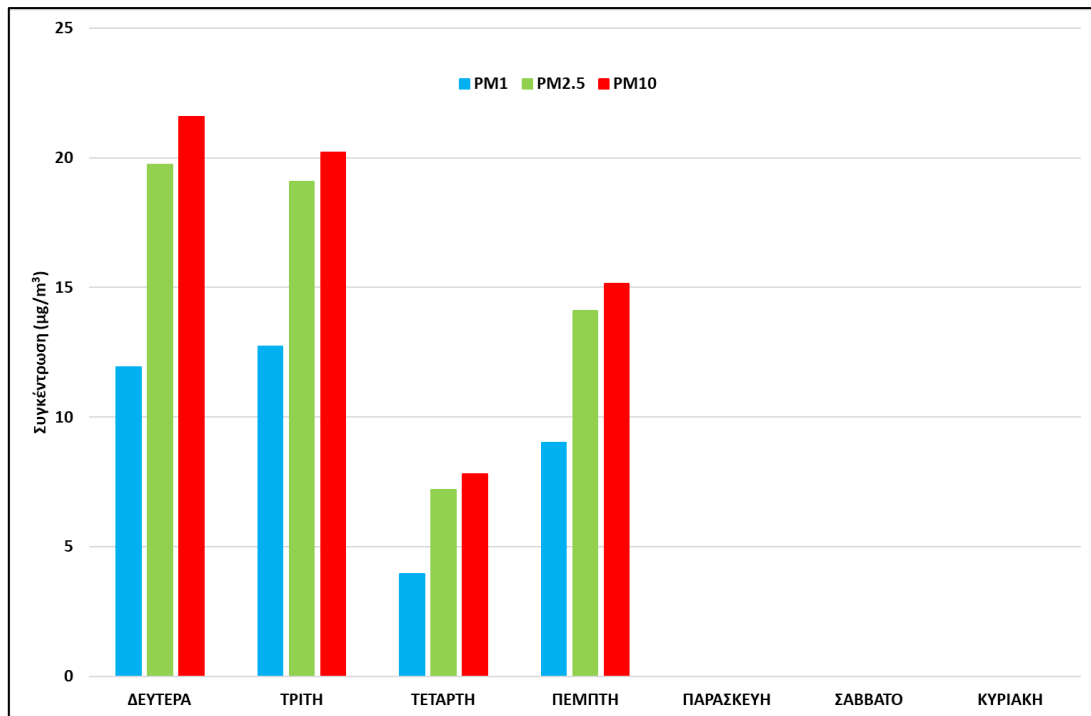
Σχήμα 6.7.1 Μέσες ημερήσιες τιμές (2-λεπτες) Ιουνίου.

Στο διάγραμμα με τις μέσες μηνιαίες τιμές (**Σχήμα 6.7.2.**) παρατηρείται ότι ο επιδραστικότερος ρύπος για όλο τον μήνα Ιανουάριο είναι τα $PM_{10.0}$ ($18.82 \mu\text{g}/\text{m}^3$) σε σχέση με τα $PM_{2.5}$ ($17.68 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και $PM_{1.0}$ ($11.58 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Η υψηλότερη τιμή των $PM_{10.0}$ σημειώθηκε στις 20/06 με τιμή $68 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



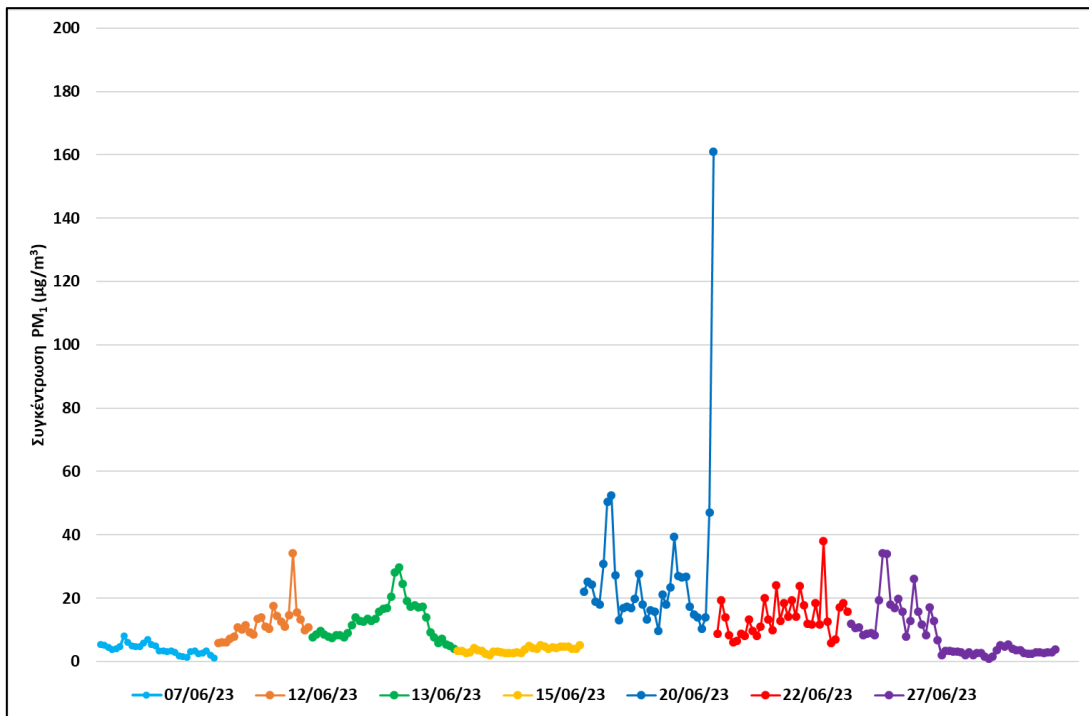
Σχήμα 6.7.2 Μέσες μηνιαίες τιμές (2-λεπτες) Ιονίου.

Στο **Σχήμα 6.7.3** παρουσιάζονται οι μέσες ημερήσιες-εβδομαδιαίες τιμές του μήνα Ιουνίου. Πιο συγκεκριμένα, το σύνολο των μετρήσεων αποτελείται από (1) Δευτέρα, (3) Τρίτες, (1) Τετάρτη και (2) Πέμπτες. Παρατηρείται ότι οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις εμφανίζονται στην αρχή της εβδομάδας και συγκεκριμένα την Δευτέρα.

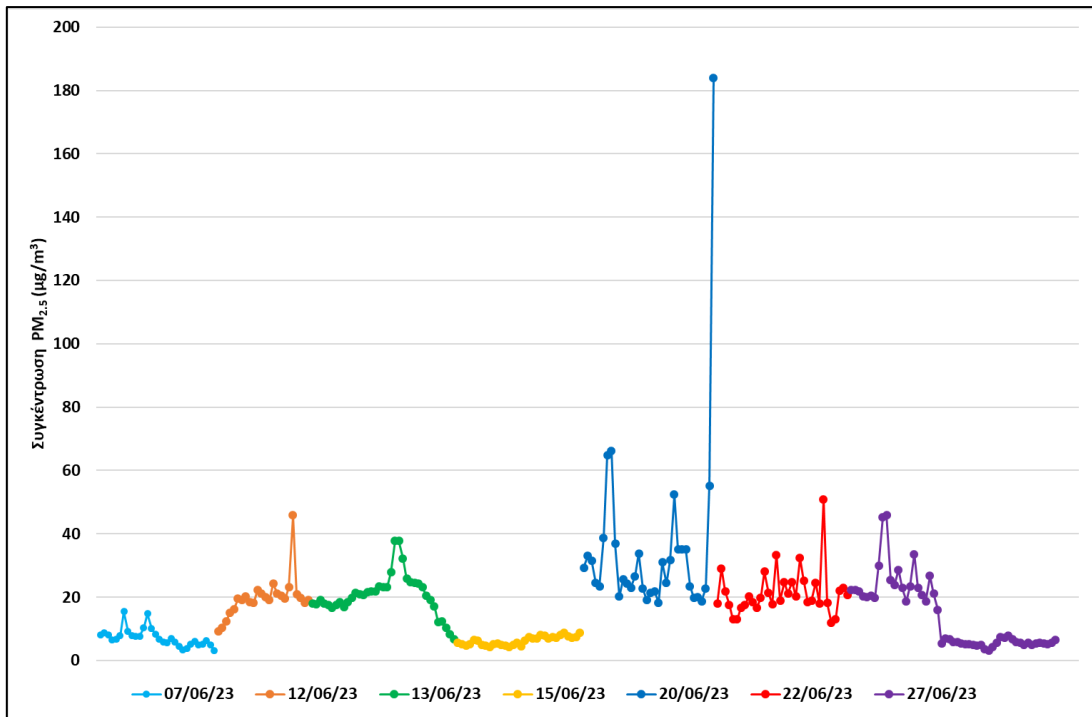


Σχήμα 6.7.3 Μέσες ημερήσιες-εβδομαδιαίες τιμές (2-λεπτες) Ιουνίου.

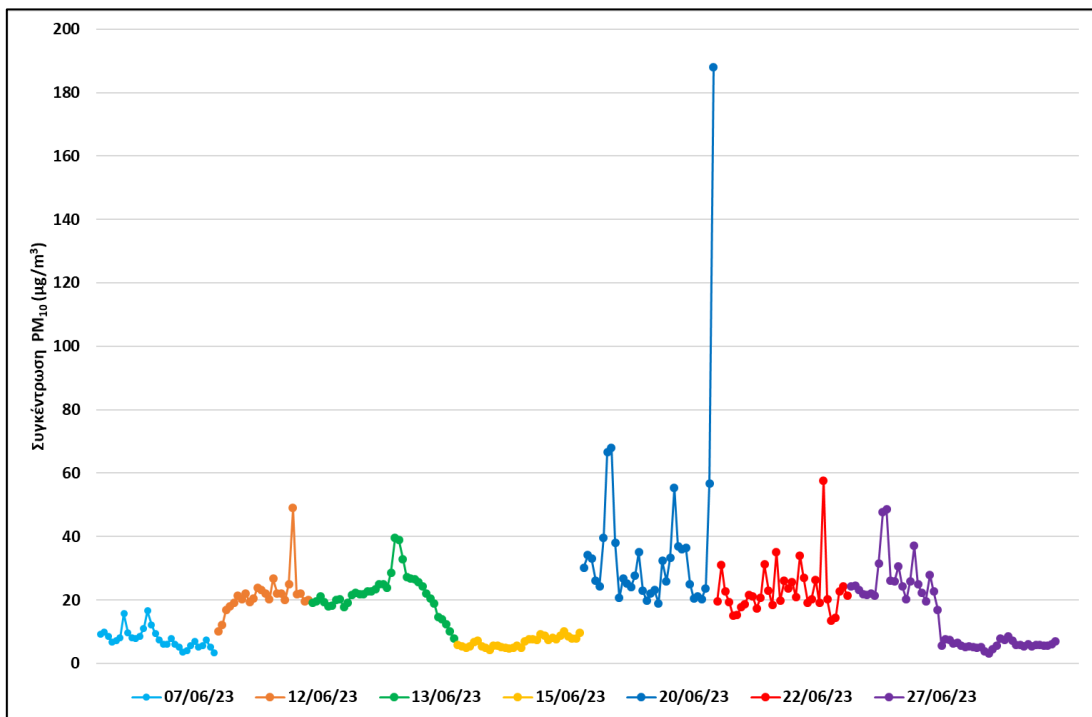
Στα παρακάτω διαγράμματα (Σχήμα 6.7.4, 6.7.5, 6.7.6) παρουσιάζεται η διακύμανση των ρύπων, ανά ημέρα μέτρησης για όλο τον μήνα Ιούνιο. Δεν παρατηρείται έντονη διακύμανση των ρύπων $PM_{1.0}$ και $PM_{2.5}$ σε σχέση με τα $PM_{10.0}$. Τα $PM_{1.0}$ κυμαίνονται από 1-52 $\mu g/m^3$, τα $PM_{2.5}$ από 3-66 $\mu g/m^3$ και τα $PM_{10.0}$ από 3-68 $\mu g/m^3$. Ωστόσο, παρατηρούνται πολύ χαμηλές τιμές τις μέρες 7/06, 15/06 και 27/06. Οι μεγαλύτερες τιμές για κάθε ρύπο εμφανίζονται στις 20/06 όπου πραγματοποιήθηκε 1 διαδρομή διάρκειας 60 λεπτών. Αξίζει να τονιστεί ότι παρά την ήπια διακύμανση που εμφανίζεται παρατηρείται μια μεμονωμένη ραγδαία τιμή συγκέντρωσης στις 20/06. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε συστηματικό ή τυχαίο σφάλμα του οργάνου ή σε κάποια στιγμιαία πηγή ρύπανσης την δεδομένη στιγμή της λήψης.



Σχήμα 6.7.4 Διακύμανση PM_1 Ιουνίου.



Σχήμα 6.7.5 Διακόμανση $PM_{2.5}$ Ιουνίου.

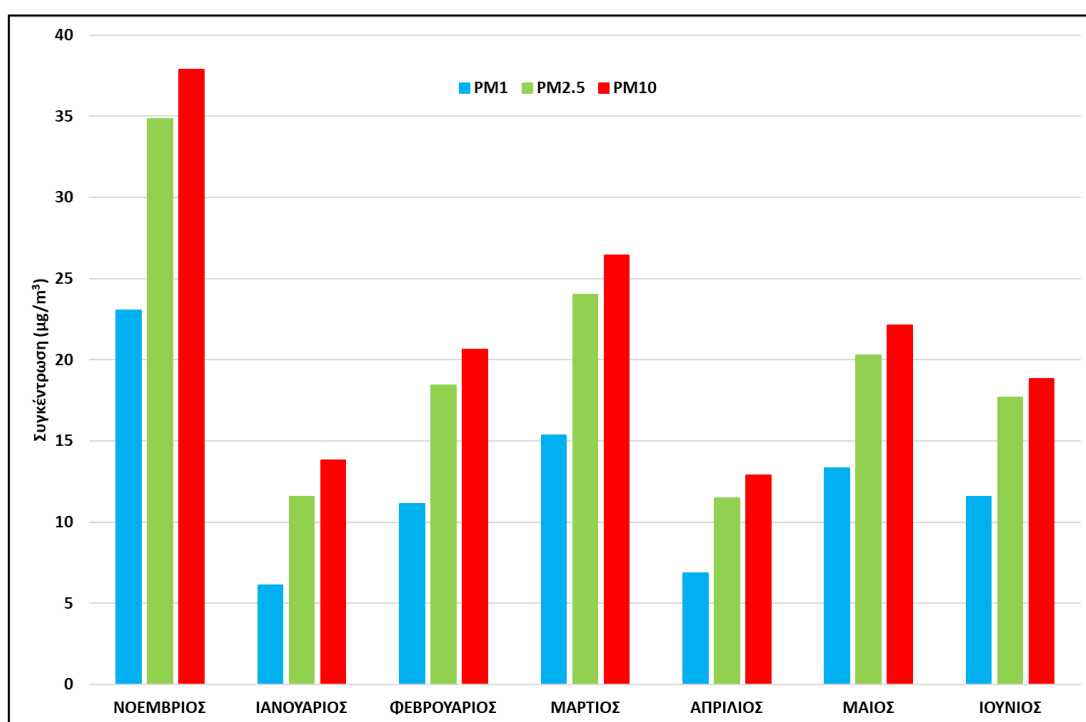


Σχήμα 6.7.6 Διακόμανση PM_{10} Ιουνίου.

6.8 Συγκεντρωτικά 8-μήνου

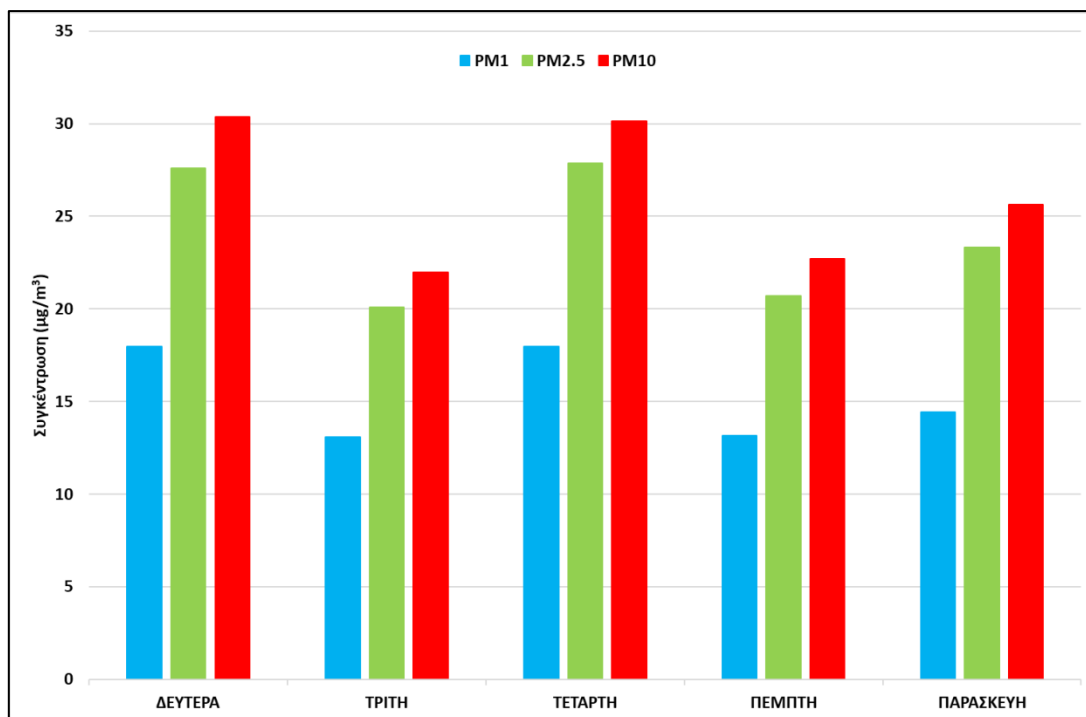
Συνολικά για όλο το 8-μηνο συλλέχθηκαν μετρήσεις από 44 ημέρες με σύνολο 64 διαδρομών.

Στο **Σχήμα 6.8.1** παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές όλου του 8-μήνου. Παρατηρείται ότι έχουμε υψηλότερες συγκεντρώσεις τον Νοέμβριο $PM_{1.0}$ ($23.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$), $PM_{2.5}$ ($34.84 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και $PM_{10.0}$ ($37.86 \mu\text{g}/\text{m}^3$), εξαιτίας των θερμάνσεων και την κυκλοφοριακής συμφόρησης των Ι.Χ. Επιπλέον, τον Μάρτιο και Μάιο παρατηρείται εξίσου μια μικρή αύξηση των συγκεντρώσεων λόγω αφρικανικής σκόνης στην ατμόσφαιρα. Κατά τους υπόλοιπους μήνες οι συγκεντρώσεις των ρύπων βρίσκονται σε χαμηλά επίπεδα.



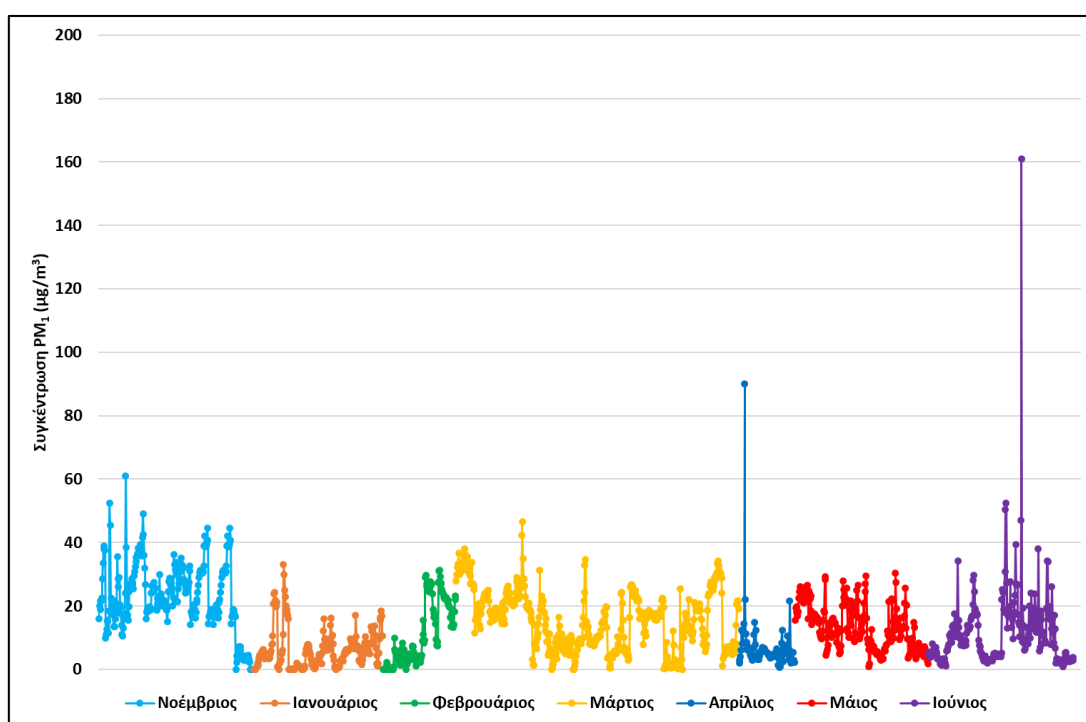
Σχήμα 6.8.1 Μέσες μηνιαίες τιμές (2-λεπτες) 8-μήνου.

Στο **Σχήμα 6.8.2** με τις μέσες ημερήσιες-εβδομαδιαίες τιμές του 8-μήνου. Πιο συγκεκριμένα, οι μετακινήσεις που το όργανο λάμβανε ενδείξεις πραγματοποιήθηκαν σε σύνολο από (7) Δευτέρες, (15) Τρίτες, (2) Τετάρτες, (16) Πέμπτες και (3) Παρασκευές. Βάση των παραπάνω, οι υψηλότερες τιμές της εβδομάδας παρατηρούνται την Δευτέρα ($PM_{1.0}=17.99 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $PM_{2.5}=27.62 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $PM_{10}=30.36 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και την Τετάρτη ($PM_{1.0}=17.98 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $PM_{2.5}=27.85 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $PM_{10}=30.12 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Συνεπώς φαίνεται να υπάρχει συσσώρευση των ρύπων στην ατμόσφαιρα κατά τις συγκεκριμένες μέρες.

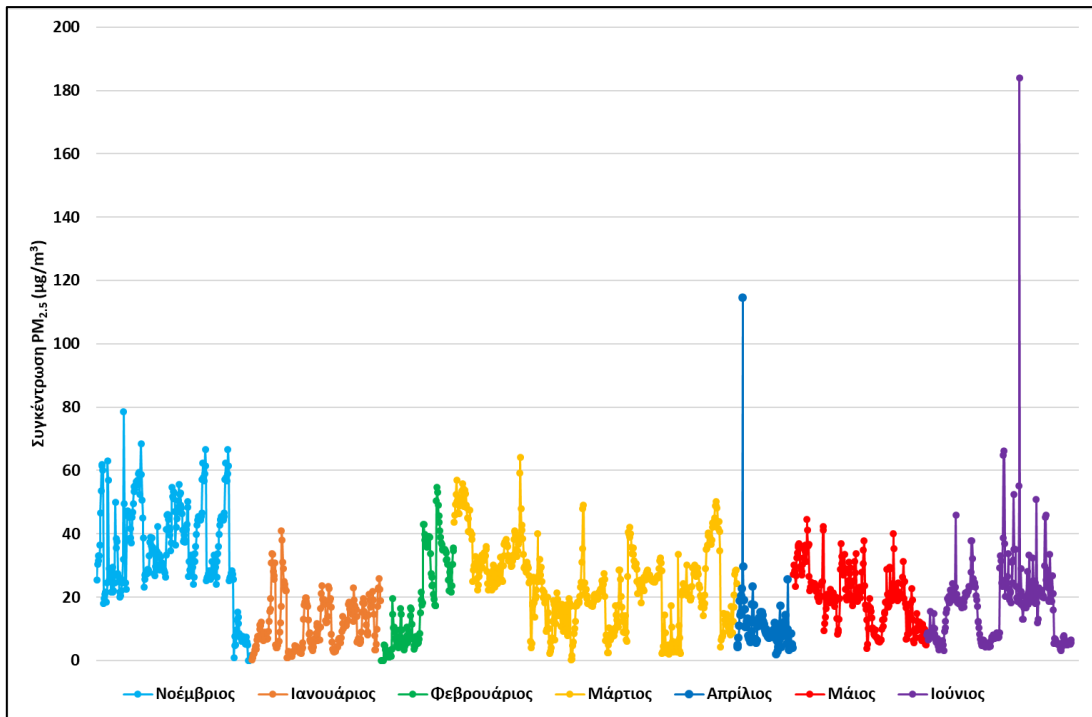


Σχήμα 6.8.2 Μέσες ημερήσιες-εβδομαδιαίες τιμές (2-λεπτες) 8-μήνου.

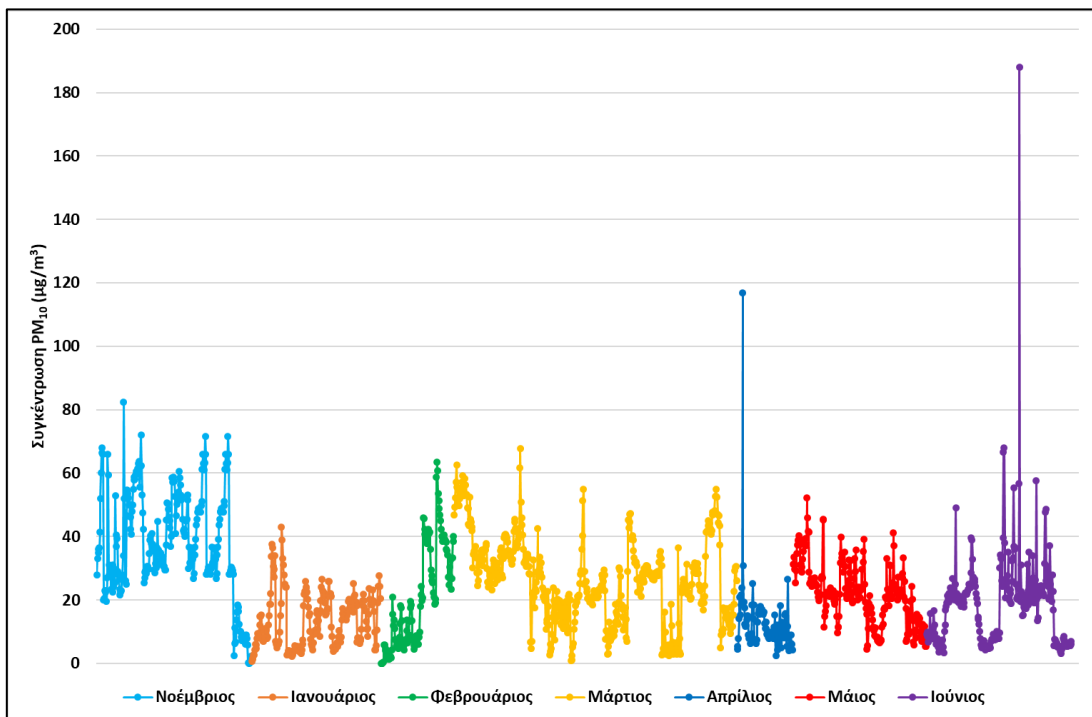
Στα παρακάτω διαγράμματα (Σχήμα 6.8.3, 6.8.4, 6.8.5) παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις των ρύπων, ανά μήνα μέτρησης για όλο το 8-μηνο. Παρατηρούνται έντονες διακυμάνσεις σε κάθε ρύπο, για κάθε μήνα. Τα $PM_{1.0}$ κυμαίνονται από 0-61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, τα $PM_{2.5}$ από 0-79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και τα $PM_{10.0}$ από 0-83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ με εξαίρεση δύο τυχαίες μεμονωμένες πολύ υψηλές τιμές τον Απρίλιο (25/04) και τον Ιούνιο (20/06) που πιθανότατα να οφείλονται σε πιθανά σφάλματα του οργάνου ή στιγμιαία πηγή ρύπανσης. Ωστόσο ορισμένες μηδενικές τιμές μπορεί να οφείλονται στο ότι ο αισθητήρας δεν λάμβανε μετρήσεις εκείνη την χρονική στιγμή λόγω κάποιου σφάλματος καταγραφής. Τον Νοέμβριο και συγκεκριμένα στις 8/11 σημειώθηκε η μεγαλύτερη τιμή συγκέντρωσης και για τους τρεις ρύπους με $PM_{1.0}$ (61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), $PM_{2.5}$ (79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) και $PM_{10.0}$ (83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Σχήμα 6.8.3 Διακύμανση PM_1 8-μήνου.



Σχήμα 6.8.4 Διακύμανση $PM_{2.5}$ 8-μήνου.



Σχήμα 6.8.5 Διακύμανση PM_{10} 8-μήνου.

7. Συμπεράσματα – Μελλοντικές προτάσεις

7.1 Συμπεράσματα

Η παρούσα μελέτη δείχνει μια εικόνα των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων εντός της καμπίνας ενός ηλεκτροκίνητου αυτοκινήτου κατά την διάρκεια οδήγησης σε αστικές περιοχές γύρω και εντός του κέντρου της Αθήνας. Παρατηρήθηκε ότι για όλο το διάστημα μελέτης των οκτώ μηνών, υπήρχε μια σταδιακή αύξηση μεταξύ των ρύπων, με τις συγκεντρώσεις των $PM_{10.0}$ να είναι μεγαλύτερες από αυτές των $PM_{2.5}$, και αυτές με την σειρά τους από αυτές των $PM_{1.0}$. Έτσι, ο επιδραστικότερος ρύπος είναι τα $PM_{10.0}$ κάτι το οποίο ήταν αναμενόμενο καθώς υπάρχουν και αρκετές παρόμοιες μελέτες που το έχουν αποδείξει [27,28]. Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι οι χαμηλού κόστους αισθητήρες ενδέχεται να αντιλαμβάνονται καλύτερα τα μεγαλύτερης διάστασης σωματίδια.

Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι η κατάσταση των παραθύρων (ανοιχτών/κλειστών), ο αριθμός των επιβατών, το air condition και η θέρμανση του αυτοκινήτου, δεν επηρέασαν σε μεγάλο βαθμό τις συγκεντρώσεις των σωματιδίων. Αντίθετα, οι συγκεντρώσεις μέσα στην καμπίνα φαίνεται να επηρεάζονται από τις συγκεντρώσεις του εξωτερικού περιβάλλοντος. Η διάρκεια των διαδρομών δεν φάνηκε να επηρεάζει ιδιαίτερα τις συγκεντρώσεις των σωματιδίων, παρά μόνο όταν το όχημα βρισκόταν στο κέντρο της Αθήνας όπου υπήρχε περισσότερη κίνηση. Παρόλα αυτά, υπάρχουν πολλοί αστάθμητοι παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν τις τιμές των συγκεντρώσεων. Ακόμα, οι διακυμάνσεις για κάθε ρύπο ποίκιλαν ανά μήνα, με τα $PM_{10.0}$ να έχουν τις εντονότερες διακυμάνσεις. Εξαίρεση αποτέλεσαν δύο τυχαίες μεμονωμένες πολύ υψηλές τιμές τον Απρίλιο (25/04) και τον Ιούνιο (20/06) που πιθανόν να οφείλονται σε συστηματικό ή τυχαίο σφάλμα του οργάνου ή σε κάποια στιγμιαία πηγή ρύπανσης την δεδομένη στιγμή λήψης της μέτρησης.

Επιπρόσθετα, δεν παρατηρήθηκε κάποιο συγκεκριμένο μοτίβο στις τιμές των συγκεντρώσεων για την κάθε ημέρα της βδομάδας του κάθε μήνα ξεχωριστά. Ωστόσο, παρατηρήθηκαν υψηλότερες συγκεντρώσεις τις Δευτέρες και τις Τετάρτες στην διάρκεια όλου του οκταμήνου.

Τέλος, παρατηρήθηκε μια εποχικότητα καθώς στο διάστημα μελέτης (Νοέμβριο 2022 - Ιούνιο 2023) κατά τον χειμερινό μήνα Νοέμβριο οι συγκεντρώσεις βρίσκονταν σε υψηλότερα επίπεδα, κάτι το οποίο οφείλεται στην αυξημένη ζήτηση καυσίμων για θέρμανση και στην κυκλοφοριακή συμφόρηση των οχημάτων. Εν συνεχεία, τους ανοιξιάτικους μήνες Μάρτιο και Μάιο υπήρχαν εξίσου πιο αυξημένες συγκεντρώσεις σε σχέση με τους υπόλοιπους μήνες, οι οποίες μπορεί να οφείλονταν στην γύρη και την αφρικανική σκόνη που υπήρχε στην ατμόσφαιρα.

7.2 Μελλοντικές Προτάσεις

Για την καταπολέμηση των αιωρούμενων σωματιδίων και γενικότερα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των επιπτώσεών της, προτείνονται τα εξής μέτρα:

- Αύξηση υποδομών και στόλου των ηλεκτροκίνητων αυτοκινήτων και γενικότερα των οχημάτων σύγχρονων κινητήρων στην Ελλάδα με στόχο την μείωση των εκπομπών σε σχέση με τα οχήματα συμβατικών καυσίμων.
- Παρότρυνση του κόσμου να χρησιμοποιεί περισσότερο τα ΜΜΜ (Μέσα Μαζικής Μεταφοράς) τα οποία να είναι φιλικά για το περιβάλλον ώστε να μειωθεί η ρύπανση λόγω των μεταφορών. Για το σκοπό αυτό απαιτείται αύξηση του στόλου και των δρομολογίων ώστε να μην υπάρχουν συνωστισμοί και καθυστερήσεις των επιβατών.
- Χρήση ΑΠΕ (Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας) στις παραγωγικές διαδικασίες και γενικότερα στις βιομηχανίες ώστε να υπάρχει λιγότερη ρύπανση προς το περιβάλλον. Η ενεργειακή αναβάθμιση δημόσιων και ιδιωτικών κτηρίων μπορεί να συμβάλει εξίσου στο ίδιο πρόβλημα.
- Δημιουργία νέων υποδομών και αναπροσαρμογή των αστικών μετακινήσεων (λεωφορειόδρομων, ποδηλατοδρόμων κ.τ.λ.) για το περιορισμό την κυκλοφοριακής συμφόρησης των οχημάτων Ι.Χ. παλιάς τεχνολογίας και τη διευκόλυνση μετακίνησης των ποδηλάτων, ηλεκτρικών πατινιών κ.τ.λ.
- Σε περίπτωση υπέρβασης του νόμιμου ορίου, να επιβληθούν πρόστιμα και περιβαλλοντικά τέλη. Με αυτό τον τρόπο κάθε χώρα που θα υπερβαίνει τα νομοθετικά όρια θα έχει κυρώσεις που θα μπορούσαν να οδηγήσουν στην τελική συμμόρφωση.
- Η υπερσυγκέντρωση του πληθυσμού στα μητροπολιτικά κέντρα σχετίζεται άμεσα με την έλλειψη ελεύθερου χώρου και την υπερσυγκέντρωση βιομηχανικής και αυτοκινητικής δραστηριότητας. Ένα πρόγραμμα κατά της αστικοποίησης που να μπορεί μέσω κινήτρων να ενθαρρύνει τους ανθρώπους να εγκατασταθούν από τα μεγάλα αστικά κέντρα στην ύπαιθρο.
- Δημιουργία ολοκληρωμένου δικτύου παρακολούθησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης κυρίως στις αστικές περιοχές για πιο γρήγορη αντιμετώπιση.
- Ενημέρωση, πληροφόρηση και ευαισθητοποίηση των πολιτών για το φαινόμενο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης μέσω των Μ.Μ.Ε. (Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης).

Βιβλιογραφία

1. Ιωάννης Γεντεκάκης *Ατμοσφαιρική Ρύπανση: επιπτώσεις, έλεγχος & εναλλακτικές τεχνολογίες*; 2η έκδοση.; Κλειδάριθμος, 2010; ISBN 978-960-461-394-6.
2. Καραγιαννοπούλου, Ε. Χρονική Διακύμανση Αιωρούμενων Σωματιδίων Σε Πόλεις-Λιμάνια Της Ευρώπης Με Διαφορετικά Κλιματολογικά Και Πληθυσμιακά Χαρακτηριστικά – Υπολογισμός Εισπνεόμενης Συγκέντρωσης Σε Ενεργές Ομάδες Πληθυσμού. **2023**, 70, doi:10.26265/POLYNOE-4640.
3. Αγγελάκου, Κ.-Μ. Διερεύνηση της σωματιδιακής ρύπανσης στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας μέσω του δικτύου σταθμών καταγραφής PurpleAir. **2021**, 97, doi:10.26265/POLYNOE-2419.
4. *ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ*; 2023;
5. *Οικολογική Συνείδηση*;
6. Kampa, M.; Castanas, E. Human Health Effects of Air Pollution. *Environmental Pollution* **2008**, 151, 362–367, doi:10.1016/j.envpol.2007.06.012.
7. Ροδάνας, Δ.-Μ. Investigation of Suspended Particles Levels inside the Stations and Trains of Athens Metro. **2022**, 111, doi:10.26265/POLYNOE-2412.
8. Μουστρής, Κ. Πρόγνωση Ποιότητας Της Ατμόσφαιρας Στην Ευρύτερη Περιοχή Αθηνών Με Τη Χρήση Νευρωνικών Δικτύων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ) Σχολή Χημικών Μηχανικών Τομέας Ανάλυσης Σχεδιασμού και Ανάπτυξης Διεργασιών και Συστημάτων (Π), 2009.
9. *Η Ρύπανση Του Αέρα*;
10. *Ατμοσφαιρική Ρύπανση 2022-2023*;
11. Manisalidis, I.; Stavropoulou, E.; Stavropoulos, A.; Bezirtzoglou, E. Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. *Front. Public Health* **2020**, 8, 14, doi:10.3389/fpubh.2020.00014.
12. Μουστρής, Κ. *Ατμοσφαιρική Ρύπανση, Οι Βασικότεροι Ρύποι Στερεά Αιωρούμενα Σωματίδια.*; 2022;
13. *World Health Organization*; 2023;
14. *EUR-Lex (Access to European Union Law).*;
15. *ΕΛΙΝΥΑΕ*;
16. Κωνσταντέλος, Γ. Αξιολόγηση Της Συμβολής Της Ηλεκτροκίνησης Στην Ποιότητα Του Ατμοσφαιρικού Περιβάλλοντος Στην Ελλάδα. **2022**, 167, doi:10.26265/POLYNOE-1665.
17. Kubański, M. Prospects for the Use of Electric Vehicles in Public Transport on the Example of the City of Czechowice-Dziedzice. *Transportation Research Procedia* **2020**, 44, 110–114, doi:10.1016/j.trpro.2020.02.016.
18. *Πρώτο Ηλεκτροκίνητο Αυτοκίνητο.*;
19. Κανακάκης, Ε. Αξιοποίηση Καταγραφής Ενεργειακών Δεδομένων Ηλεκτρικών Οχημάτων Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής. **2022**, 153, doi:10.26265/POLYNOE-1869.
20. Ασημίνα Χατζοπούλου «Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Προοπτικές μείωσης της ρύπανσης της ατμόσφαιρας. Η περίπτωση του Δήμου της Αθήνας, 2021.
21. *Ecopress*;
22. *International Energy Agency*; 2023;
23. Μπόη, Γ. Ηλεκτροκίνηση Στην Ελλάδα: Διερεύνηση Της Επιρροής Των Οικονομικών Κινήτρων Και Άλλων Παραγόντων Στην Αποδοχή Των Χρηστών. **2021**, 141, doi:10.26265/POLYNOE-1062.
24. *Eco-Car*; 2023;

25. *Purple Air*; 2023;
26. *Google Earth*; 2023;
27. Geiss, O.; Barrero-Moreno, J.; Tirendi, S.; Kotzias, D. Exposure to Particulate Matter in Vehicle Cabins of Private Cars. *Aerosol Air Qual. Res.* **2010**, *10*, 581–588, doi:10.4209/aaqr.2010.07.0054.
28. Ma, C.-J.; Kang, G.-U. Particulate Matter in the Korea Train eXpress (KTX) Cabin and Its Exposure. *ajae* **2022**, *16*, 83–91, doi:10.5572/ajae.2022.041.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Απόσπασμα σημειώσεων των διαδρομών (Μάρτιος).

Date	Departure Place	Departure Time	Passengers	Open Windows	Arrival Place	Arrival Time	Remarks
01/03	ΠΑΔΑ	11 ⁵⁰	1	No/Yes	ΓΕΡΑΚΑΣ	12 ⁵⁵	Center
02/03	ΓΕΡΑΚΑΣ	07 ³⁰	1	No	ΠΑΔΑ	09 ⁰⁰	/
02/03	ΠΑΔΑ	13 ³⁰	1	No/Yes	ΓΕΡΑΚΑΣ	15 ³⁰	//
03/03	ΓΕΡΑΚΑΣ	11 ³⁰	1	Yes	ΠΑΔΑ	12 ⁴⁰	"
03/03	ΠΑΔΑ	12 ⁵⁰	1	Yes	ΓΕΡΑΚΑΣ	14 ¹⁰	"
04/03	ΠΑΔΑ	20 ³⁰	1	No	ΓΕΡΑΚΑΣ	20 ⁴⁵	"
05/03	ΓΕΡΑΚΑΣ	08 ⁰⁰	1	No	ΠΑΔΑ		"
09/03	ΠΑΔΑ	13 ⁴⁵	1	Yes	ΓΕΡΑΚΑΣ	14 ⁵⁵	"
13/03	ΑΕ-ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΓΕΡΑΚΑΣ	08 ⁰⁰	1	No	ΠΑΔΑ	09 ¹⁰	"
14/03	ΠΑΔΑ	17 ¹⁵	1	No	ΓΕΡΑΚΑΣ	18 ²⁵	"
16/03	ΓΕΡΑΚΑΣ	08¹⁰	2	No	ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ ΣΚΕΡΤΣΙ	09⁰⁰	///
23/03	ΓΕΡΑΚΑΣ	07 ⁴⁵	1	No	ΠΑΔΑ	08 ⁵⁵	- // -
23/03	ΠΑΔΑ	15 ³⁰	1	Yes	ΓΕΡΑΚΑΣ	16 ³⁰	- // -
24/03	ΓΕΡΑΚΑΣ	10 ⁴⁵	1	Yes	ΕΚΠΑ	11 ²⁵	Τμήμα Γλωσσικής - Ζεφραν
24/03	ΕΚΠΑ	15 ⁴⁵	1	Yes	ΓΕΡΑΚΑΣ	16 ²⁵	- // - ← // -
27/03	ΓΕΡΑΚΑΣ	07 ⁴⁰	1	No	ΠΑΔΑ	08 ⁴⁰	Κέντρο
30/3	ΓΕΡΑΚΑΣ	07 ⁵⁵	1	No	ΠΑΔΑ	08 ⁴⁵	- // -
30/3	ΠΑΔΑ	16 ⁰⁵	1	Yes	ΓΕΡΑΚΑΣ	17 ²⁰	- // -

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Μέσες ημερήσιες τιμές (2-λεπτα)

ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΗΜΕΡΑΣ	PM₁_AV	PM_{2.5}_AV	PM₁₀_AV	ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΗΜΕΡΑΣ	PM₁_AV	PM_{2.5}_AV	PM₁₀_AV
07/11/2022	19.60	30.70	33.70	16/03/2023	21.76	31.32	34.31
08/11/2022	22.76	32.59	35.00	23/03/2023	10.23	16.65	18.34
10/11/2022	26.84	40.57	43.81	24/03/2023	14.93	23.58	25.17
11/11/2022	28.63	45.13	49.11	27/03/2023	25.10	37.77	41.79
14/11/2022	25.53	38.63	41.99	30/03/2023	8.25	13.79	16.06
21/11/2022	3.13	6.08	7.88	25/04/2023	9.73	15.17	16.4
10/01/2023	7.02	11.55	13.45	27/04/2023	5.23	9.42	10.87
12/01/2023	12.37	17.26	18.89	02/05/2023	22.47	31.48	34.16
19/01/2023	0.50	3.03	4.18	04/05/2023	16.99	26.50	29.29
24/01/2023	6.75	13.66	16.62	08/05/2023	13.75	20.56	22.49
26/01/2023	7.48	13.60	15.17	09/05/2023	15.82	23.55	25.03
02/02/2023	2.50	5.40	6.36	11/05/2023	5.92	10.70	12.20
07/02/2023	4.71	9.32	11.04	16/05/2023	4.44	4.01	4.12
23/02/2023	21.13	31.55	33.72	23/05/2023	6.22	10.67	11.69
28/02/2023	21.93	35.50	39.85	07/06/2023	3.95	7.20	7.81
01/03/2023	31.56	47.84	51.72	12/06/2023	11.93	19.75	21.57
02/03/2023	21.10	31.61	34.32	13/06/2023	12.79	20.57	22.01
03/03/2023	9.57	16.15	18.32	15/06/2023	3.68	6.26	6.71
07/03/2023	10.65	18.23	21.05	20/06/2023	26.89	35.14	36.43
09/03/2023	11.78	20.70	22.89	22/06/2023	14.07	21.45	23.07
13/03/2023	3.93	7.40	9.32	27/06/2023	8.23	13.94	14.89
14/03/2023	7.44	11.68	13.37				