



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

υπό

ΜΑΝΙΤΣΑ ΜΕΝΕΞΕ

Διπλωματική Εργασία

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των απαιτήσεων για
την απόκτηση του Διπλώματος Μηχανολόγου Μηχανικού

Βόλος, 2025



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

υπό

ΜΑΝΙΤΣΑ ΜΕΝΕΞΕ

Διπλωματική Εργασία

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των απαιτήσεων για
την απόκτηση του Διπλώματος Μηχανολόγου Μηχανικού

Βόλος, 2025

© 2025 Μανίτσα Μενεξέ

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής (Επιβλέπων)	Δρ. Σαχαρίδης Γεώργιος Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Δεύτερος Εξεταστής	Δρ. Λυμπερόπουλος Γεώργιος Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Τρίτος Εξεταστής	Δρ. Παντελής Δημήτριος Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

*Στους γονείς μου,
Σταύρο και Κατερίνα,
και στις μικρές μου αδελφές,
Αλεξάνδρα και Ιφιγένεια.*

Ευχαριστίες

Με την παρούσα διπλωματική εργασία επισφραγίζεται το σημαντικότερο, έως τώρα, κεφάλαιο της ζωής μου. Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Δρ. Σαχαρίδη Γεώργιο, επιβλέποντα καθηγητή της εργασίας μου, για την εμπιστοσύνη και τη βοήθεια που έλαβα, καθώς και τους καθηγητές μου Δρ. Λυμπερόπουλο Γεώργιο και Δρ. Παντελή Δημήτριο.

Τίποτα δεν θα ήταν το ίδιο δίχως τους ανθρώπους που γνώρισα και αλληλοεπίδρασα όλα αυτά τα χρόνια. Ευχαριστώ πολύ τους φίλους μου, παλιούς και νέους, που γέμισαν την προσπάθειά μου με όμορφες στιγμές και μου έδιναν κουράγιο τις ημέρες που όλα φαίνονταν ακατόρθωτα. Ειδική μνεία στους Στέφανο, Βαγγέλη, Χριστίνα & Δέσποινα.

Ευχαριστώ πολύ την οικογένειά μου, σε Ελλάδα και Αμερική, για την αμέριστη βοήθεια, υποστήριξη, εμπιστοσύνη και αγάπη τους, σε κάθε μου βήμα, όλα αυτά τα χρόνια.

Τους είμαι ευγνώμων.

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΜΑΝΙΤΣΑ ΜΕΝΕΞΕ

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 2025

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Σαχαρίδης Γεώργιος,
Καθηγητής Επιχειρησιακής Έρευνας

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκαν πέντε περιοχές σε διάφορα διαστήματα, εντός της περιόδου Μάιος – Οκτώβριος 2024, ως προς τις συγκεντρώσεις τους σε αιωρούμενα σωματίδια διαμέτρου μικρότερης των 2.5 μm . Έγινε επαρκής αναφορά στους κυριότερους αέριους ρύπους, στις πηγές εκπομπής τους και στους αισθητήρες ανίχνευσης αερίων χαμηλού κόστους. Επίσης, περιεγράφηκαν οι δύο από τις πέντε περιοχές αναφοράς, καθώς και η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την εγκατάσταση των συσκευών μέτρησης χαμηλού κόστους GYA-1178, που χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις των συγκεντρώσεων σε σωματίδια. Μελετήθηκαν τα δεδομένα των περιοχών, με μεγάλη λεπτομέρεια, και συγκρίθηκαν με το ημερήσιο όριο που έχει θεσπιστεί από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας. Ακόμη, δόθηκαν περιληπτικά μετεωρολογικά στοιχεία του κάθε μηνός, προς εξήγηση κάποιων αυξομειώσεων στις συγκεντρώσεις. Από την συγκριτική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, συναρτήσε της θερμοκρασίας και της υγρασίας των περιοχών, σε ορισμένες περιοχές παρατηρήθηκαν μοτίβα στις ωριαίες κατανομές των συγκεντρώσεων και δόθηκαν ερμηνείες σχετικές με τις πηγές εκπομπής σωματιδίων της εκάστοτε περιοχής.

Λέξεις-κλειδιά: αιωρούμενα σωματίδια, $\text{A}\Sigma_{2.5}$, αέρια ρύπανση, ποιότητα αέρα, αισθητήρες χαμηλού κόστους

COMPARATIVE STUDY OF PARTICULATE MATTER CONCENTRATIONS IN DIFFERENT REGIONS OF GREECE

MANITSA MENEXE

Department of Mechanical Engineering, University of Thessaly, 2025

Supervisor: Dr. Saharidis Georgios,
Professor of Operational Research

Abstract

In this diploma thesis, five regions were studied at different intervals, within the period May – October 2024, in terms of their concentrations in particulate matter with a diameter of less than $2.5\ \mu\text{m}$. The major gaseous pollutants, their emission sources and low-cost gas detection sensors were adequately covered. Also, two of the five reference areas were analyzed, as well as the procedure followed to install the low-cost measuring devices GYA-1178, that were used to measure the particulate concentrations. The data of the regions were studied in detail and compared with the daily limit established by the World Health Organization. Also, a summary of meteorological data for each month was given, in order to explain some fluctuations in the particulate concentrations. From the comparative study that was carried out, in relevance of the temperature and humidity of the areas, in some regions patterns were observed in the hourly distributions of the concentrations, as well as interpretations were given related to the sources of particle emission in each area.

Key words: particulate matter, $\text{PM}_{2.5}$, air pollution, air quality, low-cost sensors

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ	18
1.1 Η Διπλωματική εργασία.....	18
1.2 Αέρια ρύπανση	19
1.2.1 Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂) ^[2]	20
1.2.2 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO) ^{[3],[4],[5]}	20
1.2.3 Όζον (O ₃) ^{[3],[4],[5]}	21
1.2.4 Διοξείδιο του θείου (SO ₂) ^{[3],[4],[5]}	21
1.2.5 Οξείδια του αζώτου (NO _x) ^{[3],[4],[5]}	22
1.2.6 Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (VOCs) ^{[3],[4],[5]}	23
1.2.7 Αιωρούμενα Σωματίδια (PM _x)	23
1.3 Χαρακτηριστικά και πηγές εκπομπής Αιωρούμενων Σωματιδίων	25
1.4 Νομοθετικό πλαίσιο	27
Κεφάλαιο 2.ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΧΑΜΗΛΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΑ.....	29
2.1 Τεχνολογίες αισθητήρων ^{[21],[22]}.....	29
2.2 Ενδεικτικοί αισθητήρες εμπορίου	33
2.2.1 Αισθητήρες αερίων (Gas sensors)	33
DFRobot Gravity 33	
Winsen ZE07-CO34	
Alphasense OX-B431 Oxidising Gas Sensor	35
Winsen ZE03-SO2	36
SGX Sensortech MiCS-2714.....	37
Sensirion SGP30 38	
2.2.2 Αισθητήρες αιωρούμενων σωματιδίων (PM Sensors).....	38
Plantower PMS5003/7003	39
Sensirion SPS30 40	
Nova SDS011 High Precision Laser Dust Sensor	41
2.3 Ενδεικτικές συσκευές εμπορίου.....	42
PurpleAir Flex Air Quality Monitor	42
IQAir AirVisual Outdoor	43
PlumeLabs FLOW 2	44
Κεφάλαιο 3.ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕΤΡΗΤΩΝ	45
3.1 Μετρητής GYA-1178.....	45
3.1.1 Οδηγίες εγκατάστασης συσκευής GYA-1178.....	45

3.2	Τοποθεσία 1^η – Καβάλα.....	48
3.2.1	Το κλίμα της Καβάλας.....	48
3.2.2	Εγκατάσταση μετρητή Καβάλας	50
3.3	Τοποθεσία 2^η – Πανόρμου	54
3.3.1	Το κλίμα της Αθήνας.....	54
3.3.2	Εγκατάσταση μετρητή Πανόρμου	56
Κεφάλαιο 4.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....		61
4.1	Μετρητής Καβάλας	62
4.1.1	Μηνιαίοι μέσοι όροι	62
4.1.2	Ημερήσιοι μέσοι όροι	63
4.2	Μετρητής Πανόρμου	73
4.2.1	Μηνιαίοι μέσοι όροι	74
4.2.2	Ημερήσιοι μέσοι όροι	74
4.3	Μετρητής Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου.....	84
4.3.1	Μηνιαίοι μέσοι όροι	85
4.3.2	Ημερήσιοι μέσοι όροι	85
4.4	Μετρητής Λάρισας	97
4.4.1	Μηνιαίοι μέσοι όροι	98
4.4.2	Ημερήσιοι μέσοι όροι	98
4.5	Μετρητής Κάθηκα.....	104
4.5.1	Μηνιαίοι μέσοι όροι	105
4.5.2	Ημερήσιοι μέσοι όροι	105
Κεφάλαιο 5.ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....		114
5.1	Μηνιαία συγκριτική ανάλυση.....	114
5.2	Ημερήσια συγκριτική ανάλυση	123
5.3	Σχολιασμός ευρημάτων	148
Κεφάλαιο 6.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ		152
6.1	Τρόποι αντιμετώπισης.....	152
6.2	Περιθώρια για περαιτέρω έρευνα.....	154
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		155

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1.1 - Επίδραση διοξειδίου του άνθρακα στην ανθρώπινη υγεία	20
Πίνακας 1.2 - Κατευθυντήριες γραμμές του ΠΟΥ, του 2021 συγκριτικά με του 2005, αναφορικά στην ποιότητα αέρα ^[19]	27
Πίνακας 1.3 - Πρότυπα της ΕΡΑ, όπως διαμορφώθηκαν στις 7/2/2024 ^[20]	28
Πίνακας 2.1 - Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα Gravity	33
Πίνακας 2.2 - Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα ZE07-CO	34
Πίνακας 2.3 - Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα OX-B431	35
Πίνακας 2.4 - Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα ZE03-SO2	36
Πίνακας 2.5 - Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα MiCS-2714	37
Πίνακας 2.6 - Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα Sensirion SGP30	38
Πίνακας 2.7 - Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα Plantower	39
Πίνακας 2.8 - Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα Sensirion SPS30	40
Πίνακας 2.9 - Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα Nova SDS011	41
Πίνακας 2.10 - Τεχνικά χαρακτηριστικά συσκευής PA-II-FLEX	42
Πίνακας 2.11 - Τεχνικά χαρακτηριστικά συσκευής AirVisual Outdoor	43
Πίνακας 2.12 - Τεχνικά χαρακτηριστικά συσκευής FLOW 2	44
Πίνακας 4.1 - Υπερβάσεις μετρητών	61
Πίνακας 4.2 - Σύνοψη μέσων όρων Καβάλας	62
Πίνακας 4.3 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Ιουνίου 2024	63
Πίνακας 4.4 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Ιουνίου 2024	64
Πίνακας 4.5 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Ιουλίου 2024	65
Πίνακας 4.6 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Ιουλίου 2024	66
Πίνακας 4.7 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Αυγούστου 2024	67
Πίνακας 4.8 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Αυγούστου 2024	68
Πίνακας 4.9 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Σεπτεμβρίου 2024	69

Πίνακας 4.10 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Σεπτεμβρίου 2024	69
Πίνακας 4.11 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Οκτωβρίου 2024.....	72
Πίνακας 4.12 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Οκτωβρίου 2024.....	72
Πίνακας 4.13 - Σύνοψη μέσων όρων Πανόρμου	74
Πίνακας 4.14 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Ιουνίου 2024.....	75
Πίνακας 4.15 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Ιουνίου 2024.....	75
Πίνακας 4.16 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Ιουλίου 2024.....	76
Πίνακας 4.17 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Ιουλίου 2024	77
Πίνακας 4.18 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Αυγούστου 2024	78
Πίνακας 4.19 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Αυγούστου 2024	79
Πίνακας 4.20 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Σεπτεμβρίου 2024	80
Πίνακας 4.21 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Σεπτεμβρίου 2024	81
Πίνακας 4.22 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Οκτωβρίου 2024.....	83
Πίνακας 4.23 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Οκτωβρίου 2024.....	83
Πίνακας 4.24 - Σύνοψη μέσων όρων Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου	85
Πίνακας 4.25 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Μαΐου 2024	86
Πίνακας 4.26 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Μαΐου 2024	86
Πίνακας 4.27 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Ιουνίου 2024.....	87
Πίνακας 4.28 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Ιουνίου 2024.....	88
Πίνακας 4.29 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Ιουλίου 2024.....	89
Πίνακας 4.30 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Ιουλίου 2024	90
Πίνακας 4.31 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Αυγούστου 2024	91
Πίνακας 4.32 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Αυγούστου 2024	92
Πίνακας 4.33 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Σεπτεμβρίου 2024	93
Πίνακας 4.34 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Σεπτεμβρίου 2024	94
Πίνακας 4.35 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Οκτωβρίου 2024.....	95

Πίνακας 4.36 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Οκτωβρίου 2024.....	96
Πίνακας 4.37 - Σύνοψη μέσων όρων Λάρισας	98
Πίνακας 4.38 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Μαΐου 2024	99
Πίνακας 4.39 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Μαΐου 2024	99
Πίνακας 4.40 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Σεπτεμβρίου 2024	100
Πίνακας 4.41 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Σεπτεμβρίου 2024	101
Πίνακας 4.42 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Οκτωβρίου 2024.....	102
Πίνακας 4.43 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Οκτωβρίου 2024.....	103
Πίνακας 4.44 - Σύνοψη μέσων όρων Κάθηκα	105
Πίνακας 4.45 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Ιουλίου 2024.....	106
Πίνακας 4.46 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Ιουλίου 2024	106
Πίνακας 4.47 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Αυγούστου 2024	107
Πίνακας 4.48 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Αυγούστου 2024	108
Πίνακας 4.49 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Σεπτεμβρίου 2024	109
Πίνακας 4.50 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Σεπτεμβρίου 2024	110
Πίνακας 4.51 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Οκτωβρίου 2024.....	111
Πίνακας 4.52 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Οκτωβρίου 2024.....	112
Πίνακας 5.1 - 16 Μαΐου 2024	123
Πίνακας 5.2 - 14 Ιουνίου 2024.....	125
Πίνακας 5.3 - 19 Ιουνίου 2024.....	126
Πίνακας 5.4 - 27 Ιουνίου 2024.....	127
Πίνακας 5.5 - 30 Ιουνίου 2024.....	129
Πίνακας 5.6 - 23 Ιουλίου 2024.....	130
Πίνακας 5.7 - 28 Ιουλίου 2024.....	132
Πίνακας 5.8 - 31 Ιουλίου 2024.....	133
Πίνακας 5.9 - 7 Αυγούστου 2024.....	134

Πίνακας 5.10 - 11 Αυγούστου 2024.....	136
Πίνακας 5.11 - 14 Αυγούστου 2024.....	137
Πίνακας 5.12 - 10 Σεπτεμβρίου 2024	138
Πίνακας 5.13 - 20 Σεπτεμβρίου 2024	140
Πίνακας 5.14 - 26 Σεπτεμβρίου 2024	141
Πίνακας 5.15 - 6 Οκτωβρίου 2024.....	143
Πίνακας 5.16 - 8 Οκτωβρίου 2024.....	144
Πίνακας 5.17 - 13 Οκτωβρίου 2024.....	146
Πίνακας 5.18 – Υπερβάσεις μετρητών κατά τη διάρκεια της ανάλυσης	148

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1 - Φωτοχημικό νέφος στο Los Angeles, CA ^[6]	21
Εικόνα 1.2 - Φωτοχημικό νέφος στην Αθήνα ^[7]	21
Εικόνα 1.3 - Συγκριτικό διάγραμμα πηγών εκπομπής διοξειδίου του θείου και οξειδίων του αζώτου ^[8]	22
Εικόνα 1.4 - Επιπτώσεις αιθαλομίχλης στην ανθρώπινη υγεία	23
Εικόνα 1.5 - Επιπτώσεις αιωρούμενων σωματιδίων στην ανθρώπινη υγεία ^[11]	24
Εικόνα 2.1 - Gravity: Analog Electrochemical Carbon Dioxide Sensor (0-10000 ppm)	33
Εικόνα 2.2 - Electrochemical CO Sensor Module ZE07-CO	34
Εικόνα 2.3 - Alphasense Electrochemical O ₃ Sensor OX-B431	35
Εικόνα 2.4 - ZE03-SO ₂ Electrochemical Detection Module	36
Εικόνα 2.5 - MiCS-2714 from SGX Sensortech	37
Εικόνα 2.6 - SGP30	38
Εικόνα 2.7 - Plantower PMS7003	39
Εικόνα 2.8 - Plantower PMS5003	39
Εικόνα 2.9 - Sensirion SPS30	40
Εικόνα 2.10 - Nova SDS011 High Precision Laser Dust Sensor	41
Εικόνα 2.11 - PA-II-FLEX	42
Εικόνα 2.12 - AirVisual Outdoor by IQAir	43
Εικόνα 2.13 - FLOW 2 by PlumeLabs	44
Εικόνα 3.1 - Η γεωμορφολογία της Καβάλας, Google Maps	48
Εικόνα 3.2 - Η τοποθεσία του μετρητή, στη συνοικία του Αγ. Λουκά, Google Maps	50
Εικόνα 3.3 - Η τοποθεσία του μετρητή, πολύ κοντά σε δασική περιοχή, Google Maps	51
Εικόνα 3.4 - Μετρητής Καβάλας	52
Εικόνα 3.5 - Μετρητής Καβάλας	52
Εικόνα 3.6 - Περιβάλλοντας χώρος Καβάλας	53

Εικόνα 3.7 - Περιβάλλοντας χώρος Καβάλας.....	53
Εικόνα 3.8 - Περιβάλλοντας χώρος Καβάλας.....	54
Εικόνα 3.9 - Η πόλη της Αθήνας, Google Maps	55
Εικόνα 3.10 - Η τοποθεσία του μετρητή, μέσα στον αστικό ιστό ελλείπει πράσινου, Google Maps.....	57
Εικόνα 3.11 - Η τοποθεσία του μετρητή, στην περιοχή της Πανόρμου, πολύ κοντά σε κεντρική οδική αρτηρία, Google Maps	57
Εικόνα 3.12 - Μετρητής Πανόρμου	58
Εικόνα 3.13 - Μετρητής Πανόρμου	59
Εικόνα 3.14 - Περιβάλλοντας χώρος Πανόρμου	59
Εικόνα 3.15 - Περιβάλλοντας χώρος Πανόρμου	60

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 3.1 - Μέσος όρος θερμοκρασιών και βροχοπτώσεων – Καβάλα, www.meteoblue.com	49
Διάγραμμα 3.2 - Πόσες ώρες, ετησίως, φυσάει από την υποδεικνυόμενη κατεύθυνση – Καβάλα, www.meteoblue.com	49
Διάγραμμα 3.3 - Μέσος όρος θερμοκρασιών και βροχοπτώσεων – Αμπελόκηποι, www.meteoblue.com	55
Διάγραμμα 3.4 - Πόσες ώρες, ετησίως, φυσάει από την υποδεικνυόμενη κατεύθυνση – Αμπελόκηποι, www.meteoblue.com	56
Διάγραμμα 4.1 - Υπερβάσεις μετρητών.....	62
Διάγραμμα 4.2 - Μηνιαίοι μέσοι όροι Καβάλας.....	63
Διάγραμμα 4.3 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Ιουνίου 2024	65
Διάγραμμα 4.4 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Ιουλίου 2024	67
Διάγραμμα 4.5 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Αυγούστου 2024	69
Διάγραμμα 4.6 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Σεπτεμβρίου 2024.....	71
Διάγραμμα 4.7 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Οκτωβρίου 2024	73
Διάγραμμα 4.8 - Μηνιαίοι μέσοι όροι Πανόρμου.....	74
Διάγραμμα 4.9 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Ιουνίου 2024	76
Διάγραμμα 4.10 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Ιουλίου 2024	78
Διάγραμμα 4.11 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Αυγούστου 2024.....	80
Διάγραμμα 4.12 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Σεπτεμβρίου 2024.....	82
Διάγραμμα 4.13 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Οκτωβρίου 2024	84
Διάγραμμα 4.14 - Μηνιαίοι μέσοι όροι Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου	85
Διάγραμμα 4.15 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Μαΐου 2024.....	87
Διάγραμμα 4.16 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Ιουνίου 2024	89
Διάγραμμα 4.17 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Ιουλίου 2024	91
Διάγραμμα 4.18 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Αυγούστου 2024.....	93

Διάγραμμα 4.19 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Σεπτεμβρίου 2024.....	95
Διάγραμμα 4.20 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Οκτωβρίου 2024	97
Διάγραμμα 4.21 - Μηνιαίοι μέσοι όροι Λάρισας.....	98
Διάγραμμα 4.22 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Μαΐου 2024.....	100
Διάγραμμα 4.23 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Σεπτεμβρίου 2024.....	102
Διάγραμμα 4.24 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Οκτωβρίου 2024	104
Διάγραμμα 4.25 - Μηνιαίοι μέσοι όροι Κάθηκα.....	105
Διάγραμμα 4.26 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Ιουλίου 2024	107
Διάγραμμα 4.27 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Αυγούστου 2024	109
Διάγραμμα 4.28 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Σεπτεμβρίου 2024.....	111
Διάγραμμα 4.29 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Οκτωβρίου 2024	113
Διάγραμμα 5.1 - Συγκριτικό διάγραμμα Μαΐου 2024.....	114
Διάγραμμα 5.2 - Συγκριτικό διάγραμμα Ιουνίου 2024	115
Διάγραμμα 5.3 - Συγκριτικό διάγραμμα Ιουλίου 2024	116
Διάγραμμα 5.4 - Διάστημα σύγκρισης Ιουλίου 2024.....	117
Διάγραμμα 5.5 - Συγκριτικό διάγραμμα Αυγούστου 2024	118
Διάγραμμα 5.6 - Διάστημα σύγκρισης Αυγούστου 2024.....	119
Διάγραμμα 5.7 - Συγκριτικό διάγραμμα Σεπτεμβρίου 2024.....	120
Διάγραμμα 5.8 - Διάστημα σύγκρισης Σεπτεμβρίου 2024	121
Διάγραμμα 5.9 - Συγκριτικό διάγραμμα Οκτωβρίου 2024	122
Διάγραμμα 5.10 - 16 Μαΐου 2024.....	124
Διάγραμμα 5.11 - 14 Ιουνίου 2024	125
Διάγραμμα 5.12 - 19 Ιουνίου 2024	126
Διάγραμμα 5.13 - 27 Ιουνίου 2024	128
Διάγραμμα 5.14 - 30 Ιουνίου 2024	129
Διάγραμμα 5.15 - 23 Ιουλίου 2024	131

Διάγραμμα 5.16 - 28 Ιουλίου 2024	132
Διάγραμμα 5.17 - 31 Ιουλίου 2024	133
Διάγραμμα 5.18 - 7 Αυγούστου 2024	135
Διάγραμμα 5.19 - 11 Αυγούστου 2024	136
Διάγραμμα 5.20 - 14 Αυγούστου 2024	137
Διάγραμμα 5.21 - 10 Σεπτεμβρίου 2024	139
Διάγραμμα 5.22 - 20 Σεπτεμβρίου 2024	140
Διάγραμμα 5.23 - 26 Σεπτεμβρίου 2024	142
Διάγραμμα 5.24 - 6 Οκτωβρίου 2024	143
Διάγραμμα 5.25 - 8 Οκτωβρίου 2024	145
Διάγραμμα 5.26 - 13 Οκτωβρίου 2024	146
Διάγραμμα 5.27 - Υπερβάσεις μετρητών κατά τη διάρκεια της ανάλυσης	148
Διάγραμμα 5.28 - Κατανομή μέσων όρων μέσα στο 24ωρο.....	149

Κεφάλαιο 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η Διπλωματική εργασία

Κίνητρο για τη συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η ανησυχία για τη βεβαρυσμένη ποιότητα αέρα, και η ανάγκη για ανάλυση και ερμηνεία των πηγών εκπομπής ατμοσφαιρικών ρύπων. Καθώς, η παρουσία αιωρούμενων σωματιδίων στα αστικά κέντρα ολοένα και αυξάνεται, η ποιότητα αέρα συνεχώς υποβαθμίζεται και οι επιπτώσεις στη ανθρώπινη υγεία είναι πιο εμφανείς από ποτέ. Με αυτή, λοιπόν, την προσπάθεια μελέτης και ανάλυσης των συγκεντρώσεων αιωρούμενων σωματιδίων σε διάφορες περιοχές, πραγματοποιείται ένα ακόμη μικρό βήμα προς την εξέλιξη της σκέψης και της συζήτησης γύρω από το θέμα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Η εργασία αυτή διαμερίζεται σε 6 κεφάλαια. Στο Κεφάλαιο 1, αναφέρονται επιγραμματικά οι βασικότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι, οι πηγές εκπομπής τους καθώς και οι συνέπειες που έχουν στην ανθρώπινη υγεία, με μια εμβάθυνση στα αιωρούμενα σωματίδια. Έπειτα, παρουσιάζεται το νομοθετικό πλαίσιο που έχει θεσπιστεί για τα επιτρεπτά όρια εκπομπής ρύπων, πάνω στο οποίο βασίζεται η μελέτη των συγκεντρώσεων σε αιωρούμενα σωματίδια στις διάφορες περιοχές που μελετώνται.

Στο Κεφάλαιο 2, παρατίθενται μερικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούν οι αισθητήρες ανίχνευσης αέριων ρύπων, οι βασικές αρχές λειτουργίας και ο τρόπος χρήσης τους. Στη συνέχεια, γίνεται μια αναφορά σε αισθητήρες χαμηλού κόστους που κυκλοφορούν στο εμπόριο, μαζί με ορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά τους. Τέλος, δίνονται κάποιες ολοκληρωμένες συσκευές μέτρησης ποιότητας αέρα, με τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά, επίσης.

Στο Κεφάλαιο 3, περιγράφονται οι περιοχές, Καβάλα και Αθήνα, στις οποίες έγινε εγκατάσταση μετρητών, το κλίμα και οι πηγές εκπομπής ρύπων που έχουν τριγύρω. Δόθηκε περιγραφή των εργασιών εγκατάστασης, του περιβάλλοντα χώρου των μετρητών καθώς και ορισμένες φωτογραφίες από τα παραπάνω.

Στο Κεφάλαιο 4, παρατίθενται τα αποτελέσματα μετρήσεων για 5 μετρητές εντός του διαστήματος Μαΐου – Οκτωβρίου 2024. Το Κεφάλαιο είναι χωρισμένο ανά περιοχή μετρητών, και δίνονται αναλυτικά οι ημερήσιοι μέσοι όροι, τα μέγιστα, τα ελάχιστα καθώς και μηνιαία μετεωρολογικά φαινόμενα των περιοχών, όπως ήταν διαθέσιμα από το διαδίκτυο.

Στο Κεφάλαιο 5, γίνεται η συγκριτική ανάλυση μεταξύ των συγκεντρώσεων για τους 5 μετρητές. Έχουν εξεταστεί τα κοινά διαστήματα κάθε μήνα και, βάσει των συνθηκών θερμοκρασίας και υγρασίας, επιλέγονται οι ημέρες σύγκρισης. Συγκεκριμένα, αναλύεται αρχικά το συγκεντρωτικό διάγραμμα κάθε μήνα και έπειτα αναλυτικά οι ημέρες σύγκρισης, σε ωριαία κατανομή συγκεντρώσεων.

Στο Κεφάλαιο 6, εξάγονται κάποια συμπεράσματα και, το κυριότερο, προτείνονται ορισμένοι τρόποι αντιμετώπισης του τόσο ενδιαφέροντος και πολυεπίπεδου ζητήματος, αυτού της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

1.2 Αέρια ρύπανση

Ρύπανση: η άμεση ή έμμεση εισαγωγή, στην ατμόσφαιρα, το νερό ή το έδαφος, ως αποτέλεσμα ανθρώπινης δραστηριότητας, ουσιών, κραδασμών, θερμότητας ή θορύβου που ενδέχεται να θίξουν την ανθρώπινη υγεία ή το περιβάλλον, να υποβαθμίσουν υλικά αγαθά, να παραβιάσουν ή να εμποδίσουν την ψυχαγωγική λειτουργία καθώς και τις άλλες νόμιμες χρήσεις του περιβάλλοντος.^[1]

Σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό, οποιαδήποτε ουσία βρίσκεται στην ατμόσφαιρα σε μία συγκέντρωση που δύναται να προκαλέσει επιβλαβείς επιπτώσεις θεωρείται αέριος ρύπος. Παρόλα αυτά, υφίστανται κάποιες ουσίες που λόγω του υψηλού ρυθμού εκπομπής τους αλλά και των γνωστών επιζήμιων αποτελεσμάτων τους, στο περιβάλλον και την υγεία, θεωρούνται οι πιο σημαντικοί αέριοι ρύποι.

Οι αέριοι ρύποι χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες ανάλογα τον τρόπο σχηματισμού τους. Συγκεκριμένα, υπάρχουν οι πρωτογενείς αέριοι ρύποι, οι οποίοι εκπέμπονται άμεσα από την πηγή, και οι δευτερογενείς, οι οποίοι προκύπτουν στην χαμηλότερη ατμόσφαιρα έπειτα από χημικές ή φωτοχημικές αντιδράσεις των πρωτογενών αέριων ρύπων.

Ακόμη, οι πηγές των αέριων ρύπων μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε ανθρωπογενείς (βιομηχανία, αυτοκίνητα, γεωργικές καύσεις κ.α.) και φυσικές (σκόνη, ηφαιστειακή τέφρα, δασικές πυρκαγιές κ.α.). Αξίζει να σημειωθεί, πως ορισμένα από τα αέρια ή τα σωματίδια που θεωρούνται αέριοι ρύποι αποτελούν φυσικά και αναπόσπαστα συστατικά της ατμόσφαιρας, όπως για παράδειγμα το διοξείδιο του άνθρακα και το όζον.

Παρακάτω, παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά κάποιων βασικών αέριων ρύπων. Η σημασία της ύπαρξής τους στον ατμοσφαιρικό αέρα, είχε ως επακόλουθο τη θέσπιση νομοθεσίας και

ορίων εκπομπής τους, καθώς και την ανάγκη συνεχούς παρακολούθησης της τήρησης των προαναφερθέντων.

1.2.1 Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) ^[2]

Το διοξείδιο του άνθρακα αποτελεί ένα άχρωμο, άοσμο και άφλεκτο αέριο. Παράγεται φυσικά μέσω της κυτταρικής αναπνοής αλλά και της αποσύνθεσης της βιομάζας. Ωστόσο, εκλύεται ως προϊόν από την πλήρη ή τέλεια καύση ορυκτών καυσίμων προς παραγωγή ηλεκτρισμού και εν γένει βιομηχανικής δραστηριότητας. Αν και φαινομενικά ακίνδυνο για την υγεία, είναι το σημαντικότερο αέριο του θερμοκηπίου που όσο αυξάνεται στην ατμόσφαιρα τόσο περιορίζει τη δυνατότητα ανάκλασης της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Αποτέλεσμα των παραπάνω αποτελεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου, που οδηγεί στην κλιματική αλλαγή και την εμφάνιση ακραίων μετεωρολογικών φαινομένων.

Πίνακας 1.1 - Επίδραση διοξειδίου του άνθρακα στην ανθρώπινη υγεία

Σύνοψη της επίδρασης των διαφόρων συγκεντρώσεων CO₂ στην υγεία	
1000 ppm / 0,1%	Παρατεταμένη έκθεση επηρεάζει την ικανότητα συγκέντρωσης.
5000 ppm / 0,5%	Το κανονικό όριο ασφαλείας (HSE, OSA).
10.000 ppm / 1%	Αυξάνει κάπως ο ρυθμός αναπνοής.
15.000 ppm / 1,5%	Το κανονικό όριο για σύντομη έκθεση (HSE, OSA).
20.000 ppm / 2,0%	Ο ρυθμός αναπνοής αυξάνεται κατά 50%. Έκθεση για κάποιες ώρες προκαλεί κόπωση και κεφαλαλγία.
30.000 ppm / 3,0%	Διπλασιάζεται ο ρυθμός αναπνοής. Πιθανός ίλιγγος, αύξηση καρδιακού ρυθμού και πίεσης, κεφαλαλγία. Μείωση ακουστικής οξύτητας.
40.000-50.000 ppm / 4-5%	Όριο έναρξης επικίνδυνων συμπτωμάτων. Τετραπλασιάζεται ο ρυθμός αναπνοής. Σε 30 λεπτά εμφανίζονται ενδείξεις δηλητηρίασης και ένα αίσθημα ασφυξίας.
50.000-100.000 ppm / 5-10%	Αίσθημα όξινης γεύσης οξυανθρακούχου ποτού. Δύσκολη αναπνοή, πονοκέφαλος, ίλιγγος, προβλήματα όρασης. Σύγχυση μετά από λίγα λεπτά και λιποθυμία.
100.000-1.000.000 ppm / 10-100%	Αναισθησία επερχόμενη ταχύτερα, όσο μεγαλύτερη η συγκέντρωση. Ασφυξία.

1.2.2 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO) ^{[3],[4],[5]}

Το μονοξείδιο του άνθρακα αποτελεί ένα άχρωμο, άοσμο και άγευστο αέριο που πρωτοστατεί σε συγκέντρωση στην ατμόσφαιρα, συγκριτικά με άλλους πρωτογενείς ρύπους. Παράγεται από την ατελή καύση ορυκτών καυσίμων και ξύλου. Η εκπομπή CO αποδίδεται κατά κύριο λόγο στους βενζινοκινητήρες (ποσοστό που αγγίζει στατιστικά το 70%) αλλά και στις ανάγκες θέρμανσης της εκάστοτε περιοχής. Συνεπώς, οι υψηλότερες συγκεντρώσεις του παρατηρούνται τις ώρες αιχμής στα αστικά κέντρα ή τις βραδινές – πρώτες πρωινές ώρες κατά τους χειμερινούς μήνες.

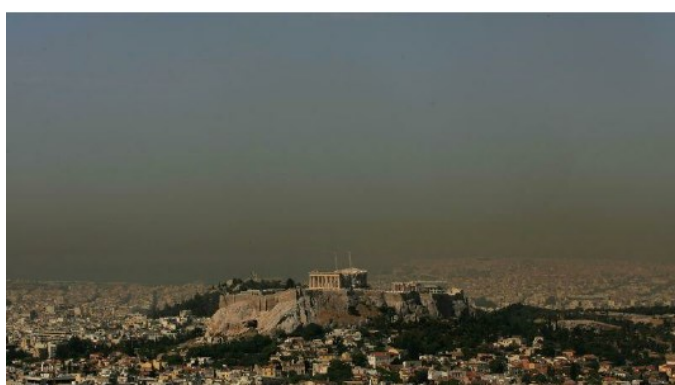
Οι επιπτώσεις του μονοξειδίου του άνθρακα στην ανθρώπινη υγεία εξαρτώνται από τη συγκέντρωση και το χρόνο παραμονής αυτού στο αίμα. Όταν εισπνέεται, τείνει να μειώνει την ικανότητα του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο στους ιστούς του σώματος. Μερικά από τα αποτελέσματα είναι η κεφαλαλγία, οι διαταραχές της όρασης, των κινήσεων και της καρδιοαναπνευστικής λειτουργίας.

1.2.3 Όζον (O_3)^{[3],[4],[5]}

Το όζον αποτελεί ένα άχρωμο, με έντονη οσμή και οξειδωτική δράση αέριο. Είναι ο κυριότερος δευτερογενής ρύπος που υπάρχει στην ατμόσφαιρα. Δημιουργείται μέσω φωτολυτικών αντιδράσεων των οξειδίων του αζώτου (NO_x) και των Πτητικών Οργανικών Ενώσεων (VOCs), με αποτέλεσμα οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις του να παρατηρούνται τις ώρες με την εντονότερη ηλιοφάνεια. Αξίζει να σημειωθεί πως, το όζον είναι ο κυριότερος ρύπος της φωτοχημικής ρύπανσης των αστικών κέντρων και αποτελεί δείκτη αυτής.



Εικόνα 1.1 - Φωτοχημικό νέφος στο Los Angeles, CA^[6]



Εικόνα 1.2 - Φωτοχημικό νέφος στην Αθήνα^[7]

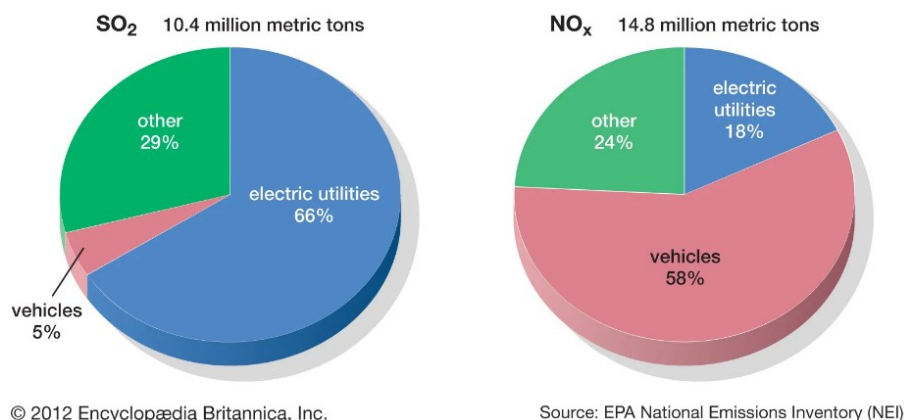
Οι επιπτώσεις του όζοντος στην υγεία, λόγω του γεγονότος πως αποτελεί ένα εξαιρετικά τοξικό αέριο, συναντώνται σε πνευμονικά νοσήματα. Για την ακρίβεια, το όζον στοχεύει στους πνευμονικούς ιστούς, μειώνοντας τη φυσιολογική τους λειτουργία, και προκαλεί άσθμα, δύσπνοια και, σε ακραίες περιπτώσεις, ζάλη. Ακόμη, συντελεί στη γήρανση των ιστών του ανθρώπινου σώματος, καταστρέφει φυτικούς οργανισμούς και επιταχύνει τη φθορά των δομικών υλικών.

1.2.4 Διοξείδιο του θείου (SO_2)^{[3],[4],[5]}

Το διοξείδιο του θείου αποτελεί ένα άχρωμο και ευδιάλυτο στο νερό αέριο, το οποίο σε υψηλές συγκεντρώσεις έχει μία έντονη ερεθιστική οσμή. Οι εκπομπές του SO_2 προέρχονται από την

καύση ορυκτών καυσίμων κυρίως στη βιομηχανία, δευτερευόντως στις μεταφορές και ένα μικρό ποσοστό από οικιακά προϊόντα, όπως τα καθαριστικά και τα χρώματα.. Σημαντικό ποσοστό του ρύπου παράγεται, επίσης, στα διυλιστήρια, στην τσιμεντοβιομηχανία και στη βιομηχανία επεξεργασίας μετάλλων. Αποτελεί σημαντικό ρύπο καθώς προκαλεί την όξινη βροχή, η οποία επιφέρει καταστροφικές συνέπειες σε οικοσυστήματα, καλλιέργειες και πολιτιστικά μνημεία. Τέλος, συμβάλλει στη δημιουργία δευτερογενών οργανικών αερολυμάτων (π.χ. θειικά αερολύματα).

Το διοξείδιο του θείου επιδρά αρνητικά κυρίως στο αναπνευστικό σύστημα. Για την ακρίβεια, ερεθίζει τη βλεννογόνο, το ρινοφάρυγγα και το λάρυγγα καθώς και επιδεινώνει τις υπάρχουσες καρδιακές και αναπνευστικές παθήσεις σε άτομα με άσθμα.

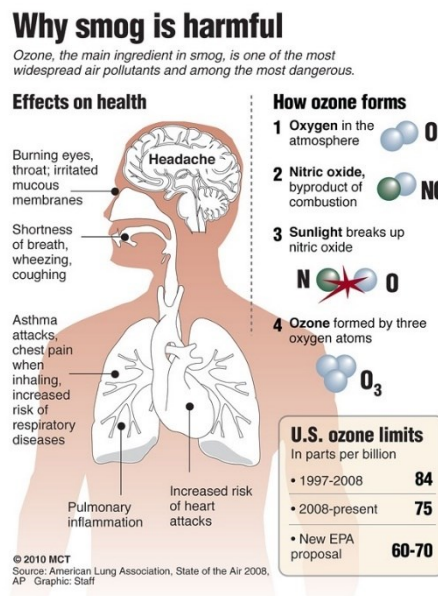


Εικόνα 1.3 - Συγκριτικό διάγραμμα πηγών εκπομπής διοξειδίου του θείου και οξειδίων του αζώτου ^[8]

1.2.5 Οξείδια του αζώτου (NO_x) ^{[3],[4],[5]}

Από τα 7 οξείδια του αζώτου που γνωρίζουμε (NO, NO₂, NO₃, N₂O, N₂O₃, N₂O₄ και N₂O₅) μόνον τα NO και NO₂ μας απασχολούν σημαντικά στο πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Το μονοξείδιο του αζώτου αποτελεί ένα άχρωμο και άγευστο αέριο ενώ το διοξείδιο του αζώτου αποτελεί ένα φαιοκόκκινο αέριο με οξεία και διαπεραστική οσμή. Τα NO_x εκπέμπονται κυρίως από τα αυτοκίνητα, τους βιομηχανικούς καυστήρες και τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Κατά βάση, εκπέμπεται μονοξείδιο του αζώτου το οποίο σε σύντομο χρονικό διάστημα μετατρέπεται σε διοξείδιο του αζώτου. Τέλος, το NO₂ συμβάλλει στην όξινη βροχή ενώ παράλληλα αντιδρώντας με υδρογονάνθρακες, παρουσία ηλιακής ακτινοβολίας, παράγει το δευτερογενή ρύπο O₃, οδηγώντας στη δημιουργία του φωτοχημικού νέφους.

Τα NO και NO₂ προκαλούν έντονο ερεθισμό του τραχειοβρογχικού βλεννογόνου και του αναπνευστικού επιθηλίου. Παρόλα αυτά, οι εντονότερες επιπτώσεις διαφαίνονται στους δευτερογενείς ρυπαντές, όπως το όζον, και στο φαινόμενο της αιθαλομίχλης.



Εικόνα 1.4 - Επιπτώσεις αιθαλομίχλης στην ανθρώπινη υγεία

1.2.6 Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (VOCs) [3],[4],[5]

Οι πτητικές οργανικές ενώσεις (volatile organic compounds) αποτελούν οργανικές ενώσεις που βρίσκονται κυρίως στην αέρια φάση στον ατμοσφαιρικό αέρα. Ο όρος περιλαμβάνει όλες τις ενώσεις που περιέχουν άνθρακα, πλην του μονοξειδίου του άνθρακα, το διοξειδίου του άνθρακα και το μεθανίου. Παραδείγματα ΠΟΕ είναι η βενζίνη και οι διαλύτες χρωμάτων, βερνικιών, καλλυντικών. Κύρια πηγή ΠΟΕ αποτελεί η καύση ορυκτών καυσίμων, συνεπώς η πετροχημική βιομηχανία, οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις, η θέρμανση, οι οδικές μεταφορές (ατελής καύση καυσίμων) και η ταφή απορριμμάτων. Οι ΠΟΕ συνεισφέρουν στην δημιουργία όζοντος και φωτοχημικού νέφους.

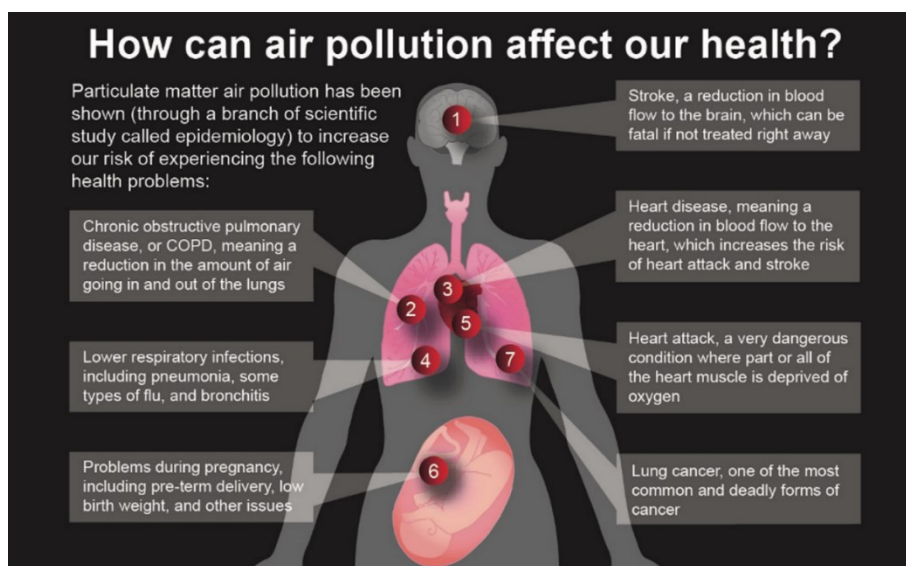
Έχει αποδειχθεί πως οι ΠΟΕ ερεθίζουν τη μύτη, το φάρυγγα και το δέρμα, ενοχοποιούνται για πονοκεφάλους καθώς και για πολλές εμφανίσεις καρκίνου. Ειδικότερα, το βενζόλιο, έχει κατηγορηθεί για περισσότερες από 3000 περιπτώσεις λευχαιμίας, επιπτώσεις στην υγεία τόσο σοβαρές ώστε έχει θεσμοθετηθεί όριο στη νομοθεσία για την ύπαρξή του.

1.2.7 Αιωρούμενα Σωματίδια (PM_x)

Με τον όρο «αιωρούμενα σωματίδια» χαρακτηρίζεται ένα πλήθος στερεών και υγρών σωματιδίων που, λόγω διαστάσεων και ειδικού βάρους, επιτρέπεται να αιωρείται σε ελεύθερη

μορφή στην ατμόσφαιρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Τα αιωρούμενα σωματίδια έχουν διάμετρο που κυμαίνεται από 0.0002 μm ως 500 μm . Είναι ένα σύνθετο μείγμα με συστατικά που έχουν ποικιλία χημικών και φυσικών χαρακτηριστικών, τα οποία αντανακλούν την πηγή σχηματισμού τους. Αποτελούν έναν δυναμικής φύσης και περίπλοκο ρύπο που σχηματίζεται είτε πρωτογενώς, είτε δευτερογενώς, συνεχίζοντας να υφίσταται χημική και φυσική μετατροπή στην ατμόσφαιρα. Τα σωματίδια ταξινομούνται βάσει της αεροδυναμικής διαμέτρου τους, καθώς οι αεροδυναμικές ιδιότητες είναι αυτές που καθορίζουν την μεταφορά, παραμονή, απόθεση και απομάκρυνση του ρύπου από την ατμόσφαιρα και το αναπνευστικό σύστημα. Δύο βασικά είδη σωματιδίων, που αποτελούν δείκτες της ποιότητας αέρα, είναι τα PM_{10} (διάμετρος μικρότερη των 10 μm) και $\text{PM}_{2.5}$ (διάμετρος μικρότερη των 2.5 μm).^[9]

Η ύπαρξη αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα έχει συνδεθεί με πληθώρα επιβλαβών επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία. Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος, το 2022 προήλθαν 239,000 θάνατοι από την έκθεση σε $\text{PM}_{2.5}$, στις 27 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.^[10] Συγκεκριμένα, ενοχοποιούνται για αύξηση ευαισθησίας του ανθρώπου στις λοιμώξεις και φλεγμονές στην αναπνευστική οδό και τις κυνελίδες των πνευμόνων, επίσπευση του αιφνίδιου καρδιακού θανάτου σε καρδιοπαθείς, καθώς και πρόκληση Χρόνιας Αποφρακτικής Πνευμονοπάθειας και καρκίνου του πνεύμονα.



Εικόνα 1.5 - Επιπτώσεις αιωρούμενων σωματιδίων στην ανθρώπινη υγεία ^[11]

1.3 Χαρακτηριστικά και πηγές εκπομπής Αιωρούμενων Σωματιδίων

Χαρακτηριστικά ^{[12],[13]}

Όπως προαναφέρθηκε, τα αιωρούμενα σωματίδια κατατάσσονται με βάση το μέγεθός τους. Καθώς, όμως, τα σωματίδια έχουν διαφορετικά σχήματα, την κοινή παράμετρο μεγέθους τους εκφράζει η «ισοδύναμη διάμετρος». Αυτή μπορεί να προσδιοριστεί γεωμετρικά, από την σκέδαση που προκαλεί στο φως μέσω οπτικής ή ηλεκτρονικής μακροσκοπίας, αλλά και από τα φυσικά χαρακτηριστικά του σωματιδίου, όπως η αεροδυναμική συμπεριφορά. Για σωματίδια άνω των 0.5 μm χρησιμοποιείται η αεροδυναμική διάμετρος, αφού από αυτή εξαρτάται η μεταφορά τους μέσω αερίων ρευμάτων, η συλλογή τους στους δειγματολήπτες και η εναπόθεση τους στο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου.

Τα αιωρούμενα σωματίδια μπορούν να διακριθούν σε δύο τύπους σωματιδίων, στα λεπτόκοκκα (fine mode) και στα χονδρόκοκκα (coarse mode). Τα λεπτόκοκκα παρουσιάζουν αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη των 2.5 μm , χωρίζονται σε σωματίδια πυρήνα τα οποία έχουν μέγεθος από 0.01 έως 0.1 μm , και σε σωματίδια συσώρευσης που έχουν μέγεθος από 0.1 έως 2.5 μm . Τα χονδρόκοκκα σωματίδια παρουσιάζουν αεροδυναμική διάμετρο μεγαλύτερη των 2.5 μm και παράγονται συνήθως με μηχανικούς τρόπους.

Ακόμη, μπορούν να διακριθούν με βάση τη διεισδυτικότητά τους στον ανθρώπινο οργανισμό, σε εισπνεύσιμα σωματίδια (inhalable particles), σε θωρακικά σωματίδια (thoracic particles) και σε αναπνεύσιμα σωματίδια (respirable particles). Τα εισπνεύσιμα σωματίδια, με διαμέτρους μεγαλύτερες από 10 μm , δεσμεύονται από το ανώτερο αναπνευστικό (ρινοφάρυγγας) και αποβάλλονται από τον οργανισμό, ενώ, αυτά με διαμέτρους μικρότερες από 10 μm , μπορούν να φτάσουν ως το κατώτερο αναπνευστικό αλλά όχι να μείνουν εκεί για πολύ. Τα θωρακικά σωματίδια, με μέγεθος μικρότερο από 7 μm , εισέρχονται μέσω των θωρακικών αναπνευστικών οδών και φτάνουν ως τους τερματικούς βρόγχους. Εφόσον οι θωρακικές αναπνευστικές οδοί αποτελούν αυτοκαθαριζόμενα όργανα, η παραμονή των σωματιδίων εκεί περιορίζεται σε μερικές ώρες. Τέλος, αυτά με διάμετρο μικρότερη των 2.5 μm , και κυρίως αυτά με μικρότερη από 1 μm , είναι και τα πιο επικίνδυνα για την υγεία καθώς διεισδύουν ως τις πνευμονικές κυψελίδες, όπου γίνεται η ανταλλαγή του αέρα στους πνεύμονες, και δύναται να παραμείνουν ως και μήνες εκεί. Αυτά τα σωματίδια είναι τοξικά, κυρίως δευτερογενούς προέλευσης, που η παρατεταμένη παραμονή τους εντείνει τις βλαβερές συνέπειες που προκαλούν.

Πηγές εκπομπής ^{[4],[14]}

Οι πηγές εκπομπής αιωρούμενων σωματιδίων μπορεί να είναι είτε φυσικές είτε ανθρωπογενείς. Στις φυσικές πηγές περιλαμβάνονται οι ηφαιστειακές εκρήξεις, αφού εκπέμπουν πρωτογενή και δευτερογενή αερολύματα πλούσια σε θειικά, οι δασικές πυρκαγιές (αιθάλη), οι εκπομπές σκόνης λόγω αιολικής διάβρωσης των εδαφών (μεταφορά αφρικανικής σκόνης), η γύρη των φυτών και οι εκπομπές από την επιφάνεια των ωκεανών (θειικά, σταγονίδια με διάφορα άλατα).

Στις ανθρωπογενείς πηγές εντάσσονται οι διεργασίες διαχείρισης υλικών, όπως η θραύση και η τριβή ορυκτών μεταλλευμάτων, καθώς και η φόρτωση ξηρών υλικών άνευ συσκευασίας, με αποτέλεσμα τη δημιουργία λεπτόκοκκης σκόνης. Στις σημαντικότερες όμως πηγές, συμπεριλαμβάνονται οι βιομηχανικές διεργασίες (με ή χωρίς καύση), η τσιμεντοβιομηχανία, η μεταλλουργική βιομηχανία και οι κατασκευαστικές δραστηριότητες. Ακόμη, οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση άνθρακα και πετρελαίου (λιγνίτης, κάρβουνο, μαζούτ – πλούσια σε θείο), η καύση υδρογονανθράκων (πετρέλαιο, φυσικό αέριο) για οικιακή θέρμανση, οι μεταφορές (αυτοκίνητα, πλοία, αεροπλάνα) καθώς και η αποτέφρωση απορριμμάτων. Καθημερινές ανθρωπογενείς εκπομπές είναι οι γεωργικές δραστηριότητες, τα τζάκια, οι ψησταριές, οι φούρνοι και τα καταστήματα εστίασης.

Γενικότερα, πηγή αποτελούν οι διεργασίες καύσης που εκπέμπουν άκαυστη τέφρα ή ατελώς καμένη αιθάλη, ακόμη και ο καπνός του τσιγάρου, αφού ο καπνός αποτελεί ορατό δείκτη μιας μη ολοκληρωμένης καύσης. Επίσης, σωματίδια μπορούν να σχηματιστούν από χημικές αντιδράσεις μετατροπής αερίων στην ατμόσφαιρα.

Τέλος, διακρίνοντας τα αιωρούμενα σωματίδια σε οργανικά και ανόργανα, εξάγεται εύκολα το συμπέρασμα πως αυτά που προέρχονται από φυσικές πηγές είναι, στην πλειοψηφία τους, ανόργανα και σχηματίζονται από φυσικές – μηχανικές διεργασίες. Αντιθέτως, αυτά που προέρχονται από ανθρωπογενείς πηγές, είναι πλούσια σε οργανικό άνθρακα και σχηματίζονται από φυσικοχημικές διεργασίες, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται σωματίδια με μεγέθη πολύ μικρότερα – και επικινδυνότερα – από αυτά που δημιουργούν οι φυσικές πηγές.

Μετεωρολογικά φαινόμενα ^{[3],[15]}

Οι μετεωρολογικές συνθήκες διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην αέρια ρύπανση, αφού βάσει αυτών επηρεάζεται η παραμονή, ο μετασχηματισμός και εν τέλει η απομάκρυνση των αερίων ρύπων στον ατμοσφαιρικό αέρα. Αναλυτικότερα, η επίδραση του ανέμου στην αέρια ρύπανση είναι διττής σημασίας, αφού η ταχύτητα του ανέμου καθορίζει το ρυθμό αραιώσης

των ρύπων από το σημείο εκπομπής, ενώ η διεύθυνση του ανέμου καθορίζει την κατεύθυνση προς την οποία θα μετακινηθούν. Ακόμη, οι περιοχές με υψηλό βαρομετρικό εμφανίζουν κακό αερισμό λόγω ασθενών ανέμων, άρα υψηλή συγκέντρωση ρύπων. Επίσης, η εμφάνιση βροχόπτωσης ή χιονόπτωσης λειτουργεί ως σαρωτής των ρύπων και προκαλεί το φαινόμενο της απόπλυσης. Τέλος, το φαινόμενο της θερμοκρασιακής αναστροφής κατά το οποίο η θερμοκρασία αυξάνεται τοπικά με το ύψος, αντί να συμβαίνει το αντίθετο, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει κίνηση των αέριων μαζών και να δημιουργείται μια ευσταθής ατμόσφαιρα, εγκλωβίζοντας τους αέριους ρύπους.

1.4 Νομοθετικό πλαίσιο

Η βαρύνουσα σημασία της επίδρασης των αέριων ρύπων στην υγεία, έχει δημιουργήσει την ανάγκη ύπαρξης οργανισμών, υπηρεσιών και δημόσιων φορέων που ασχολούνται με την παρακολούθηση και δημοσίευση δελτίων, εκθέσεων, μελετών και συστάσεων προς την κοινότητα.

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ), αποτελεί μια υπηρεσία του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ) που ασχολείται με τη δημόσια υγεία. Στόχος του είναι η εξασφάλιση, όσο το δυνατόν, υψηλότερου επιπέδου υγείας για την ανθρωπότητα. Καθώς η αέρια ρύπανση είναι ένας παράγοντας μείζονος σημασίας για την υγεία, ο ΠΟΥ παρακολουθεί και συστήνει όρια για αυτήν. Εφόσον η Ελλάδα είναι μέλος του ΟΗΕ, έχει την υποχρέωση να ακολουθεί τις οδηγίες του. Η σύσταση του ΠΟΥ για τον ημερήσιο μέσο όρο συγκέντρωσης PM_{2.5} είναι 15 µg/m³.

Πίνακας 1.2 - Κατευθυντήριες γραμμές του ΠΟΥ, του 2021 συγκριτικά με του 2005, αναφορικά στην ποιότητα αέρα ^[19]

Pollutant	Averaging Time	2005 AQGs	2021 AQGs
PM _{2.5} , µg/m ³	Annual	10	5
	24-hour ^a	25	15
PM ₁₀ , µg/m ³	Annual	20	15
	24-hour ^a	50	45
O ₃ , µg/m ³	Peak season ^b	-	60
	8-hour ^a	100	100
NO ₂ , µg/m ³	Annual	40	10
	24-hour ^a	-	25
SO ₂ , µg/m ³	24-hour ^a	20	40
CO, mg/m ³	24-hour ^a	-	4

Οι Οδηγίες 2004/107/EK και 2008/50/EK, που έχουν τροποποιηθεί και ανανεωθεί λαμβάνοντας την τρέχουσα μορφή τους το 2024 σε «Οδηγία (ΕΕ) 2024/2881 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου 2024 για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα»,

αποτελούν το θεμέλιο λίθο της Ευρωπαϊκής και Εθνικής πολιτικής σχετικά με την αέρια ρύπανση. Σύμφωνα με την ισχύουσα Ευρωπαϊκή νομοθεσία, λοιπόν, το ημερήσιο (24 ώρες) όριο συγκέντρωσης PM_{2.5} είναι 25 µg/m³ (με λιγότερες από 18 επιτρεπόμενες υπερβάσεις το χρόνο), ενώ το ετήσιο (ημερολογιακό έτος) όριο είναι 10 µg/m³.^[16] Το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας είναι υπεύθυνο για την παρακολούθηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και ακολουθεί, ως οφείλει, τις ευρωπαϊκές οδηγίες.^{[17],[18]} Ακόμη, οι Περιφέρειες της χώρας ενημερώνουν τους πολίτες, σε τοπικό επίπεδο.

Τέλος, η Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος (U.S. Environmental Protection Agency – US EPA) αποτελεί μια ανεξάρτητη υπηρεσία της Ομοσπονδιακής Κυβέρνησης των ΗΠΑ. Παρακάτω, φαίνονται οι συστάσεις της όσον αφορά τα επιτρεπτά επίπεδα αιωρούμενων σωματιδίων PM_{2.5} και PM₁₀.

Πίνακας 1.3 - Πρότυπα της EPA, όπως διαμορφώθηκαν στις 7/2/2024 ^[20]

New Standards				
Indicator	Averaging Time	Primary/Secondary	Level	Form
PM _{2.5}	Annual	Primary	9.0 µg/m ³	Annual arithmetic mean, averaged over 3 years
		Secondary	15.0 µg/m ³	
	24-hour	Primary and Secondary	35 µg/m ³	98th percentile, averaged over 3 years
PM ₁₀	24-hour	Primary and Secondary	150 µg/m ³	Not to be exceeded more than once per year on average over a 3-year period

Κεφάλαιο 2. ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΧΑΜΗΛΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΑ

Ως δείκτης ποιότητας αέρα χαρακτηρίζεται, ως επί το πλείστον, η συγκέντρωση του αέρα σε σωματίδια PM_{2.5} και PM₁₀, σε μονοξείδιο (CO) και διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), σε όζον (O₃), σε ενώσεις του θείου (SO_x) και του αζώτου (NO_x) όπως και σε Οργανικές Πτητικές Ενώσεις (VOCs).

Οι συσκευές μέτρησης της ποιότητας αέρα με χρήση αισθητήρων χαμηλού κόστους, έχουν συμβάλλει στην προσβασιμότητα της παρακολούθησης των δεδομένων συλλογής και δίνουν τη δυνατότητα στους πολίτες να αποκτήσουν γνώσεις σχετικά με τα τοπικά επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Μερικά από τα πλεονεκτήματα των συσκευών αυτών, είναι η προσιτή τιμή και η ευχρηστία τους, επιτρέποντας έτσι την ευρεία συμμετοχή και ευαισθητοποίηση των πολιτών αναφορικά στα επίπεδα των ρύπων. Ακόμη, η φορητότητα λόγω περιορισμένου μεγέθους και η απόκριση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο εντείνουν την διάδραση των ενδιαφερόμενων. Δεν παύουν να υπάρχουν, όμως, και ορισμένοι περιορισμοί, όπως η αυξημένη ευαισθησία και η χαμηλή εμβέλεια των συσκευών, που αδιαμφισβήτητα επηρεάζουν την αποδοτικότητά τους.

2.1 Τεχνολογίες αισθητήρων ^{[21],[22]}

Αρχικά, ως αισθητήρας ορίζεται η συσκευή εκείνη η οποία δέχεται ερεθίσματα ορισμένου τύπου τα οποία μετατρέπει σε μία μετρήσιμη μονάδα. Ανάλογα το είδος των ερεθισμάτων που λαμβάνουν, διακρίνονται τα διαφορετικά είδη αισθητήρων. Πιο συγκεκριμένα, η φυσική ποσότητα που δύναται να ανιχνευθεί μπορεί να είναι θερμική, μηχανική ή ηλεκτρομαγνητική.

Κάποια βασικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων λαμβάνονται υπόψη κατά την επιλογή τους από τον ενδιαφερόμενο. Μερικά από αυτά αποτελούν η ευαισθησία στο μετρούμενο ρύπο, ο χρόνος απόκρισης, το όριο ανίχνευσης του αισθητήρα, η διάρκεια ζωής και το κόστος του, καθώς και η δυνατότητα του αισθητήρα να ανιχνεύει έναν ή περισσότερους ρύπους ταυτόχρονα.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται μερικά από τα είδη των αισθητήρων, όπως εξετάστηκαν από τη διαθέσιμη βιβλιογραφία.

Ηλεκτροχημικοί αισθητήρες – Electrochemical gas sensors

Οι ηλεκτροχημικοί αισθητήρες είναι ευρέως γνωστοί για την ικανότητά τους να ανιχνεύουν διαφορετικών ειδών αέρια, ειδικότερα σε εφαρμογές που η υψηλή ευαισθησία και ο γρήγορος χρόνος απόκρισης του αισθητήρα διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο. Οι ηλεκτροχημικοί αισθητήρες διακρίνονται σε αμπερομετρικούς, ποτενσιομετρικούς και αγωγιμομετρικούς. Χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση της ποιότητας αέρα (NO_2 , CO , O_3), των βιομηχανικών ρύπων, των εκπομπών αυτοκινήτων, καθώς και σε εργαστηριακή έρευνα.

Η αρχή λειτουργίας του αισθητήρα βασίζεται στην ηλεκτροχημική αντίδραση που συμβαίνει στα ηλεκτρόδια. Συγκεκριμένα, η οξειδοαναγωγική αντίδραση που συμβαίνει, δημιουργεί διαφορά δυναμικού και, εν συνεχεία, ροή ρεύματος από τον αντιστάτη που βρίσκεται μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων. Αυτή η ροή ρεύματος αντιπροσωπεύει τη συγκέντρωση του ρύπου που μετράται.

Μερικά από τα πλεονεκτήματα αυτών των αισθητήρων είναι η υψηλή ευαισθησία, η ακρίβεια, ο γρήγορος χρόνος απόκρισης, η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και η υψηλή αξιοπιστία τους. Ωστόσο, τα μειονεκτήματά τους είναι η μικρή διάρκεια ζωής, η λειτουργία σε μικρό εύρος θερμοκρασιών, η επιρροή τους από τις περιβαλλοντικές συνθήκες (υγρασία, ακραίες θερμοκρασίες, τοξικό περιβάλλον).

Αισθητήρες ημιαγωγών μεταλλικού οξειδίου – Metal oxide semiconductor (MOS) sensors

Οι αισθητήρες ημιαγωγών μεταλλικού οξειδίου έχουν λάβει ιδιαίτερη προσοχή τα τελευταία χρόνια, καθώς τα λειτουργικά χαρακτηριστικά τους μπορούν να τροποποιηθούν αλλάζοντας χημικές και δομικές ιδιότητες όπως τη χημική σύσταση, το μέγεθος των κόκκων, τη μορφολογία, την ειδική επιφάνεια κ.α.. Έχουν δημιουργική κατασκευή, ευχρηστία, προσιτή τιμή και υψηλή ευαισθησία.

Η αρχή λειτουργίας του αισθητήρα βασίζεται στη μεταβολή των ηλεκτρικών ιδιοτήτων του ημιαγωγικού οξειδίου του μετάλλου, συνήθως κασσίτερος, παρουσία ενός αερίου. Υπενθυμίζεται πως, ημιαγωγός καλείται ένα υλικό όταν σε χαμηλές θερμοκρασίες συμπεριφέρεται ως μονωτής, ενώ σε υψηλές θερμοκρασίες συμπεριφέρεται ως αγωγός.

Οι συγκεκριμένοι αισθητήρες χρησιμοποιούνται συνήθως σε παρακολούθηση ποιότητας αέρα (NO_2 , CO , O_3 , SO_2), βιομηχανικών ρύπων και εκπομπών αυτοκινήτων όπως και σε συσκευές

παροχής ιατρικής περίθαλψης, διασφαλίζοντας τη σωστή ανάμειξη αερίων ανάλογα τις ανάγκες των ασθενών.

Καταλυτικοί αισθητήρες – Catalytic gas sensors

Οι καταλυτικοί αισθητήρες είναι χαμηλής κατανάλωσης συσκευές που χρησιμοποιούνται σχεδόν έναν αιώνα για την ανίχνευση εύφλεκτων αερίων, κυρίως μεθανίου. Χρησιμοποιούνται ευρέως σε φορητές συσκευές ανίχνευσης αερίων.

Η αρχή λειτουργίας του αισθητήρα βασίζεται στο φαινόμενο της καταλυτικής καύσης, η οποία επιτυγχάνεται λόγω της καταλυτικής ιδιότητας που διαθέτουν τα περισσότερα μεταλλικά οξείδια και οι ενώσεις τους. Στην καταλυτική καύση, δεν υπάρχει φλόγα καθώς το αέριο καίγεται σε χαμηλότερη θερμοκρασία από το όριο ανάφλεξής του. Με αυτό τον τρόπο απελευθερώνεται ενέργεια, με συνέπεια να αυξάνεται η θερμοκρασία και να αλλάζει η αντίσταση στο πηνίο του στοιχείου ανίχνευσης. Η αύξηση της αντίστασης οδηγεί σε δημιουργία τάσης και άρα μέτρηση της συγκέντρωσης του αερίου.

Μερικά από τα πλεονεκτήματά του είναι η υψηλή ευαισθησία, η πολυχρησία, η γρήγορη απόκρισή του, η απλή λειτουργία και εκτεταμένη διάρκεια ζωής του. Αντιθέτως, στα μειονεκτήματα συγκαταλέγονται το γεγονός πως δεν έχει ιδιαίτερη ευαισθησία σε μη εύφλεκτα αέρια και στο ότι υπάρχει κίνδυνος δηλητηρίασής του από συγκεκριμένα χημικά και ουσίες, όπως σιλικόνες, καύσιμα με μόλυβδο και ενώσεις θείου.

Αισθητήρες θερμικής αγωγιμότητας – Thermal conductivity gas sensors

Οι αισθητήρες θερμικής αγωγιμότητας, γνωστοί και ως TCDs, στηρίζουν τη λειτουργία τους στο φαινόμενο της μεταφοράς θερμότητας με αγωγή. Αρχή λειτουργίας αποτελεί η παρατηρούμενη απώλεια θερμότητας από το θερμαινόμενο σώμα στο περιβάλλον αέριο, παρατηρώντας τις αλλαγές στη θερμική αγωγιμότητα προσδιορίζεται η συγκέντρωση του ρύπου.

Οι συγκεκριμένοι αισθητήρες παρέχουν υψηλή ευαισθησία, απλό σχεδιασμό, αντοχή και τη δυνατότητα ανίχνευσης διαφορετικών αερίων, εύφλεκτων και μη, σε συνθήκες συνύπαρξης πολλών αερίων ταυτόχρονα. Χρησιμοποιούνται για παρακολούθηση αέριας ρύπανσης, ανίχνευση και ανάλυση αερίων.

Οπτικοί αισθητήρες – Optical gas sensors

Οι οπτικοί αισθητήρες λειτουργούν μετρώντας τις διακυμάνσεις του φωτός και περιλαμβάνουν μια σειρά από διάφορες τεχνολογίες. Συνήθως οι πηγές φωτός είναι LED, laser ή οπτικές ίνες. Αξίζει να αναφερθεί η NDIR τεχνολογία, όπου η μέτρηση βασίζεται στην απορρόφηση του υπέρυθρου φωτός από το προς μέτρηση αέριο, η τεχνολογία ανάκλασης της δέσμης laser και η τεχνολογία του αισθητήρα οπτικών ινών.

Συγκρινόμενοι με συμβατικούς αισθητήρες, όπως είναι οι ηλεκτροχημικοί ή καταλυτικοί, οι συγκεκριμένοι αισθητήρες παρουσιάζουν μια πλειάδα προτερημάτων όπως το γεγονός ότι αποτελούν μια μη παρεμβατική μέθοδο μέτρησης με αποτέλεσμα να μην είναι ευάλωτοι σε φθορές και δηλητηρίαση από άλλα χημικά. Επίσης, έχουν υψηλή επιλεκτικότητα ανάμεσα σε πολλά αέρια, υψηλή ευαισθησία ακόμη και σε μικρές συγκεντρώσεις, καθώς και άμεση απόκριση δεδομένων. Χρησιμοποιούνται για τη παρακολούθηση αέριας ρύπανσης (O_3 , CO_2 , NO_2 , SO_2 , PM), βιομηχανική ασφάλεια (NH_3 , VOCs), μέτρηση αερίων του θερμοκηπίου και μέτρηση εκπομπών αυτοκινήτων.

Αισθητήρες υπέρυθρης ακτινοβολίας – Infrared gas sensors

Οι ανιχνευτές υπέρυθρης ακτινοβολίας αποτελούν τον πιο συνήθη αισθητήρα ανίχνευσης διοξειδίου του άνθρακα. Η αρχή λειτουργίας τους στηρίζεται στη φασματομετρία ατομικής απορρόφησης (Atomic Absorption Spectroscopy – AAS), κατά την οποία τα μόρια του αερίου απορροφούν υπέρυθρα μήκη κυμάτων. Η συγκέντρωση του αερίου υπολογίζεται από τον αριθμό φωτονίων που απορροφώνται.

Αυτοί οι αισθητήρες παρέχουν γρήγορα και αξιόπιστα αποτελέσματα, διαθέτουν αντοχή και υψηλή ευαισθησία. Χρησιμοποιούνται κατά κόρον για τη μέτρηση των αερίων του θερμοκηπίου (μεθάνιο, διοξείδιο του άνθρακα) αλλά και ρύπους όπως οξείδια του αζώτου και διοξείδιο του θείου.

2.2 Ενδεικτικοί αισθητήρες εμπορίου

2.2.1 Αισθητήρες αερίων (Gas sensors)

DFRobot Gravity



Εικόνα 2.1 - Gravity: Analog Electrochemical Carbon Dioxide Sensor (0-10000 ppm)

Πηγή: <https://www.dfrobot.com>

Πίνακας 2.1 - Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα Gravity

τεχνολογία αισθητήρα	ηλεκτροχημικός
αέριος ρύπος	CO ₂
εύρος ανίχνευσης	0 – 10000 ppm
απόκριση δεδομένων	σε πραγματικό χρόνο, < 20 sec
ακρίβεια	±100ppm@400ppm
τάση λειτουργίας	3.7V – 5V DC, χαμηλή κατανάλωση ενέργειας
διάρκεια ζωής	> 1 χρόνο
εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας	-20°C ως 50°C
επίπεδα σχετικής υγρασίας	0 – 95%
διαστάσεις	32mm×42mm
τιμή εμπορίου	50€

Winsen ZE07-CO



Εικόνα 2.2 - Electrochemical CO Sensor Module ZE07-CO

Πηγή: <https://www.winsen-sensor.com>

Πίνακας 2.2 - Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα ZE07-CO

τεχνολογία αισθητήρα	ηλεκτροχημικός
αέριος ρύπος	CO
εύρος ανίχνευσης	0 – 500 ppm
απόκριση δεδομένων	σε πραγματικό χρόνο, < 60 sec
τάση λειτουργίας	5V – 12V DC
διάρκεια ζωής	3 – 5 χρόνια
εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας	-10°C ως 55°C
επίπεδα σχετικής υγρασίας:	15% – 90%
διαστάσεις	25.4mm×22.4mm×18.3mm
τιμή εμπορίου	30€

Alphasense OX-B431 Oxidising Gas Sensor



Εικόνα 2.3 - Alphasense Electrochemical O₃ Sensor OX-B431

Πηγή: <https://www.alphasense.com>

Πίνακας 2.3 - Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα OX-B431

τεχνολογία αισθητήρα	ηλεκτροχημικός
αέριος ρύπος	O ₃
εύρος ανίχνευσης	0 – 20 ppm
απόκριση δεδομένων	σε πραγματικό χρόνο, < 80 sec
τάση λειτουργίας	1.7V – 3.6V, χαμηλή κατανάλωση ενέργειας
διάρκεια ζωής	> 2 χρόνια
εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας	-30°C ως 40°C
επίπεδα σχετικής υγρασίας	15% – 85%
βάρος	13g
τιμή εμπορίου	150€

Winsen ZE03-SO2



Εικόνα 2.4 - ZE03-SO2 Electrochemical Detection Module

Πηγή: <https://www.winsen-sensor.com>

Πίνακας 2.4 - Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα ZE03-SO2

τεχνολογία αισθητήρα	ηλεκτροχημικός
αέριος ρύπος	SO ₂
εύρος ανίχνευσης	0 – 20 ppm
απόκριση δεδομένων	σε πραγματικό χρόνο, < 60 sec
τάση λειτουργίας	5V DC, χαμηλή κατανάλωση ενέργειας
διάρκεια ζωής	> 2 χρόνια
εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας	-20°C ως 50°C
επίπεδα σχετικής υγρασίας	15% – 90%
διαστάσεις	ø23.5mm×24.5mm
εύρος τιμής εμπορίου	50€ – 100€

SGX Sensortech MiCS-2714



Εικόνα 2.5 - MiCS-2714 from SGX Sensortech

Πηγή: <https://www.sgxsensortech.com>

Πίνακας 2.5 - Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα MiCS-2714

τεχνολογία αισθητήρα	metal-oxide
αέριος ρύπος	NO ₂
εύρος ανίχνευσης συγκέντρωσης σωματιδίων	0.05 – 10 ppm
απόκριση δεδομένων	σε πραγματικό χρόνο, < 60 sec
με τάση λειτουργίας	5V DC, χαμηλή κατανάλωση ενέργειας
εύρος διάρκειας ζωής	2 – 5 χρόνια
εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας	-30°C ως 85°C
επίπεδα σχετικής υγρασίας	5% – 95%
διαστάσεις	5mm×7.6mm×5mm
εύρος τιμής εμπορίου	20€ – 40€

Sensirion SGP30



Εικόνα 2.6 - SGP30

Πηγή: <https://www.sensirion.com>

Πίνακας 2.6 - Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα Sensirion SGP30

τεχνολογία αισθητήρα	metal-oxide
αέριος ρύπος	VOCs
εύρος ανίχνευσης	0 – 60000 ppb
απόκριση δεδομένων	σε πραγματικό χρόνο, ~ 12 sec
τάση λειτουργίας	1.62V – 1.98V, χαμηλή κατανάλωση ενέργειας
διάρκεια ζωής	μεγάλη
εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας	-20°C ως 85°C
επίπεδα σχετικής υγρασίας	0 – 90%
διαστάσεις	2.45mm×2.45mm×0.9mm
εύρος τιμής εμπορίου	15€ – 30€

2.2.2 Αισθητήρες αιωρούμενων σωματιδίων (PM Sensors)

Οι αισθητήρες σωματιδίων έχουν σχεδιαστεί για τη μέτρηση της συγκέντρωσης και της κατανομής μεγέθους των αιωρούμενων σωματιδίων PM_{2.5} και PM₁₀ στον αέρα. Λειτουργούν με διάφορες αρχές όπως η σκέδαση του φωτός, η περίθλαση φωτός laser και η καταμέτρηση οπτικών σωματιδίων.

Plantower PMS5003/7003



Εικόνα 2.8 - Plantower PMS5003



Εικόνα 2.7 - Plantower PMS7003

Πηγή: <https://www.plantower.com>

Οι αισθητήρες Plantower χρησιμοποιούν την τεχνολογία σκέδασης φωτός με χρήση laser. Για την ακρίβεια, εκπέμπουν μια ακτίνα laser στο δείγμα αέρα και μετρούν τις σκεδαζόμενες ακτίνες φωτός για να προσδιορίσουν την συγκέντρωση των σωματιδίων.

Πίνακας 2.7 - Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα Plantower

εύρος ανίχνευσης συγκέντρωσης σωματιδίων	0 – 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
απόκριση δεδομένων	σε πραγματικό χρόνο, <10 sec
ακριβή δεδομένα	με απόδοση 98% για σωματίδια με διάμετρο άνω των 0.5 μm
εύρος τάσης λειτουργίας	4.5V – 5.5V DC
μέσος χρόνος βλάβης	≥ 3 χρόνια
εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας	-10°C ως 60°C
επίπεδα σχετικής υγρασίας	0 – 99%
εύρος τιμής εμπορίου	20€ – 35€

Η διαφοράς των μοντέλων Plantower PMS5003 και PMS7003 βρίσκονται στο έτος κατασκευής και τις διαστάσεις. Συγκεκριμένα, το PMS7003 είναι νεότερης κατασκευής (2016) με διαστάσεις 48mm×37mm×12mm, ενώ το PMS5003 διαστασιοποιείται ως 50mm×38mm×21mm.

Sensirion SPS30



Εικόνα 2.9 - Sensirion SPS30

Πηγή: <https://www.sensirion.com>

Ο αισθητήρας Sensirion SPS30 είναι ένας συμπαγής, υψηλής ακρίβειας αισθητήρας σωματιδίων PM_{2.5} και PM₁₀ κατάλληλος για εφαρμογές παρακολούθησης της εξωτερικής ποιότητας αέρα. Χρησιμοποιεί, επίσης, τεχνολογία σκέδασης φωτός με χρήση laser για την μέτρηση της συγκέντρωσης των σωματιδίων.

Πίνακας 2.8 - Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα Sensirion SPS30

εύρος ανίχνευσης συγκέντρωσης σωματιδίων	0 – 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
ακριβή δεδομένα	με μέση τιμή απόκλισης $\pm 10\%$ για τη συγκέντρωση μάζας
τάση λειτουργίας	4.5V – 5.5V DC, χαμηλή κατανάλωση ενέργειας
διάρκεια ζωής	> 10 χρόνια
εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας	-10°C ως 50°C
επίπεδα σχετικής υγρασίας	0 – 95%
διαστάσεις	41mm×41mm×12mm
εύρος τιμής εμπορίου	45€ – 65€

Nova SDS011 High Precision Laser Dust Sensor



Εικόνα 2.10 - Nova SDS011 High Precision Laser Dust Sensor

Πηγή: <https://www.tinytronics.nl>

Ο αισθητήρας Nova SDS011 High Precision Laser Dust κατασκευάζεται από την Inovafitness Technology Co. και είναι γνωστός για την ακρίβειά του στη μέτρηση σωματιδίων, χρησιμοποιώντας, και αυτός, την τεχνολογία σκέδασης φωτός με χρήση laser.

Πίνακας 2.9 - Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα Nova SDS011

εύρος ανίχνευσης συγκέντρωσης σωματιδίων	0 – 999.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
απόκριση δεδομένων	σε πραγματικό χρόνο, < 10 sec
ακριβή δεδομένα	με απόκλιση $\pm 10\%$ για συγκεντρώσεις 100 – 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
τάση λειτουργίας	5V DC, χαμηλή κατανάλωση ενέργειας
διάρκεια ζωής	ως 8000 ώρες (με συνεχή χρήση)
εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας	-10°C ως 50°C
επίπεδα σχετικής υγρασίας	20% – 90%
διαστάσεις	71mm×70mm×23mm
εύρος τιμής εμπορίου	20€ – 40€

2.3 Ενδεικτικές συσκευές εμπορίου

PurpleAir Flex Air Quality Monitor



Εικόνα 2.11 - PA-II-FLEX

Πηγή: <https://www2.purpleair.com/products/purpleair-flex>

Η συσκευή PurpleAir Flex (PA-II-FLEX) χρησιμοποιείται για την μέτρηση PM₁, PM_{2,5}, PM₁₀ και VOCs. Αποτελεί μια συσκευή μέτρησης ποιότητας αέρα που χρησιμοποιεί 2 αισθητήρες laser Plantower PMS-6003, για την μέτρηση των αιωρούμενων σωματιδίων, και έναν αισθητήρα BOSCH BME688, για την μέτρηση της πίεσης, υγρασίας, θερμοκρασίας και των VOCs. Περιέχει ένδειξη LED υποδεικνύοντας, έτσι, την ποιότητα αέρα σε πραγματικό χρόνο. Υπάρχει, επίσης, ενσωματωμένο Wi-Fi που μεταδίδει τα δεδομένα στον χάρτη PurpleAir, ο οποίος διατίθεται να εγκατασταθεί σε κάθε έξυπνη συσκευή. Τέλος, για τοποθεσίες με περιορισμένη σύνδεση σε δίκτυο Wi-Fi η συσκευή ενσωματώνει ρολόι και κάρτα microSD ώστε να αποθηκεύει τα δεδομένα εκεί.

Πίνακας 2.10 - Τεχνικά χαρακτηριστικά συσκευής PA-II-FLEX

εύρος ανίχνευσης συγκέντρωσης σωματιδίων	0 – 500 µg/m ³
απόκριση δεδομένων	σε πραγματικό χρόνο, < 10 sec
ακριβή δεδομένα	με απόκλιση ±10% για συγκεντρώσεις 100 – 500 µg/m ³
τάση λειτουργίας	5V DC, χαμηλή κατανάλωση ενέργειας
διάρκεια ζωής	2-3 χρόνια (με συνεχή χρήση)
εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας	-40°C ως 85°C
επίπεδα σχετικής υγρασίας	0 – 100%
διαστάσεις	85mm×85mm×125mm
εύρος τιμής εμπορίου	275€ – 289€

IQAir AirVisual Outdoor



Εικόνα 2.12 - AirVisual Outdoor by IQAir

Πηγή: <https://www.iqair.com/products/air-quality-monitors/airvisual-outdoor-2-pm>

Η συσκευή AirVisual Outdoor της IQAir, χρησιμοποιείται για την μέτρηση PM₁, PM_{2.5}, PM₁₀ και CO₂. Διαθέτει 4 υποδοχές αισθητήρων με τις δύο να είναι προεγκατεστημένες με αισθητήρες laser ανίχνευσης αιωρούμενων σωματιδίων και μια προαιρετική μονάδα αισθητήρα διοξειδίου του άνθρακα. Συνδέεται ενσύρματα (Ethernet) στο διαδίκτυο, από όπου τροφοδοτείται και με ρεύμα. Παρόλα αυτά, υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης της συσκευής και μέσω Wi-Fi αλλά και με USB SIM κάρτα για απομακρυσμένες τοποθεσίες. Τέλος, τα συλλεγόμενα δεδομένα αποστέλλονται στην εφαρμογή της IQAir AirVisual.

Πίνακας 2.11 - Τεχνικά χαρακτηριστικά συσκευής AirVisual Outdoor

εύρος ανίχνευσης συγκέντρωσης σωματιδίων	0 – 1000 µg/m ³
εύρος ανίχνευσης διοξειδίου του άνθρακα	400 – 10000 ppm
απόκριση δεδομένων	σε πραγματικό χρόνο
ακριβή δεδομένα	με απόκλιση ±10%
τάση λειτουργίας	100 - 240V AC (power over Ethernet)
συντήρηση αισθητήρων	κάθε 12-18 μήνες (για λειτουργία σε πολύ ρυπογόνα περιβάλλοντα)
εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας	-20°C ως 50°C
επίπεδα σχετικής υγρασίας	0 – 100%
διαστάσεις	162mm×69mm×202mm
εύρος τιμής εμπορίου	290€ – 320€

PlumeLabs FLOW 2



Εικόνα 2.13 - FLOW 2 by PlumeLabs

Πηγή: <https://plumelabs.com/en/flow/>

Η συσκευή Flow 2 από την PlumeLabs, αποτελεί έναν φορητό αισθητήρα ποιότητας αέρα που παρέχει μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο των συγκεντρώσεων σε αιωρούμενα σωματίδια, VOCs και NO₂. Τα συλλεχθέντα δεδομένα οπτικοποιούνται χρησιμοποιώντας την εφαρμογή για έξυπνα τηλέφωνα, μέσω Bluetooth. Η συσκευή χρησιμοποιεί την πρακτική σκέδασης του φωτός για την μέτρηση των αιωρούμενων σωματιδίων, έναν θερμαινόμενο metal-oxide αισθητήρα για την μέτρηση των VOCs καθώς και έναν ηλεκτροχημικό αισθητήρα για τη μέτρηση του NO₂. Η συσκευή αποτελεί, κυρίως, ένα προσωπικό αξεσουάρ του χρήστη αφού είναι φορητή και δύναται να φορεθεί από τον χρήστη.

Πίνακας 2.12 - Τεχνικά χαρακτηριστικά συσκευής FLOW 2

απόκριση δεδομένων	σε πραγματικό χρόνο, δημιουργεί τον προσωπικό χάρτη ρύπανσης για το χρήστη
λειτουργία	μέσω επαναφορτιζόμενης μπαταρίας, μία φόρτιση διαρκεί 24 ώρες
εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας	0°C ως 40°C
υγρασία	όχι εντελώς αδιάβροχος, πρέπει να αποφεύγεται η έντονη υγρασία
διαστάσεις	125mm×40mm×35mm
εύρος τιμής εμπορίου	200€ – 250€

Κεφάλαιο 3. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕΤΡΗΤΩΝ

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύεται η διαδικασία εγκατάστασης των μετρητών αέριας ρύπανσης στις πόλεις της Καβάλας και Αθήνας. Αναλυτικότερα, περιγράφονται οι οδηγίες εγκατάστασης του μετρητή GYA-1178, τα χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής εγκατάστασης, οι ακριβείς τοποθεσίες που εγκαταστάθηκαν οι μετρητές GYA-1178, οι εργασίες που έλαβαν χώρα, ο περιβάλλοντας χώρος τους καθώς και ορισμένες φωτογραφίες όλων των παραπάνω.

3.1 Μετρητής GYA-1178

Για την πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκαν οι συσκευές μέτρησης χαμηλού κόστους GYA-1178, οι οποίοι δόθηκαν από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, σε συνεργασία με την ερευνητική ομάδα GreenYourAir του επιστημονικά υπεύθυνου Δρ. Γεωργίου Σαχαρίδη.

3.1.1 Οδηγίες εγκατάστασης συσκευής GYA-1178

ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΤΟ INTERNET

Η σύνδεση στο Internet μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο τρόπους. Ο πρώτος τρόπος είναι με την χρήση καλωδίου ethernet και ο δεύτερος τρόπος είναι με την σύνδεση στο Wi-Fi.

Σύνδεση με Ethernet

Για την σύνδεση με Ethernet δεν χρειάζεται να πραγματοποιηθεί κάποιο setup. Το μόνο που χρειάζεται είναι να γίνει η σύνδεση του καλωδίου ethernet με την θύρα που υπάρχει στον Arduino.

Σύνδεση με Wi-Fi

Για την σύνδεση με Wi-Fi χρειάζεται να γίνει setup. Τα βήματα του setup είναι τα παρακάτω.

Βήμα 1

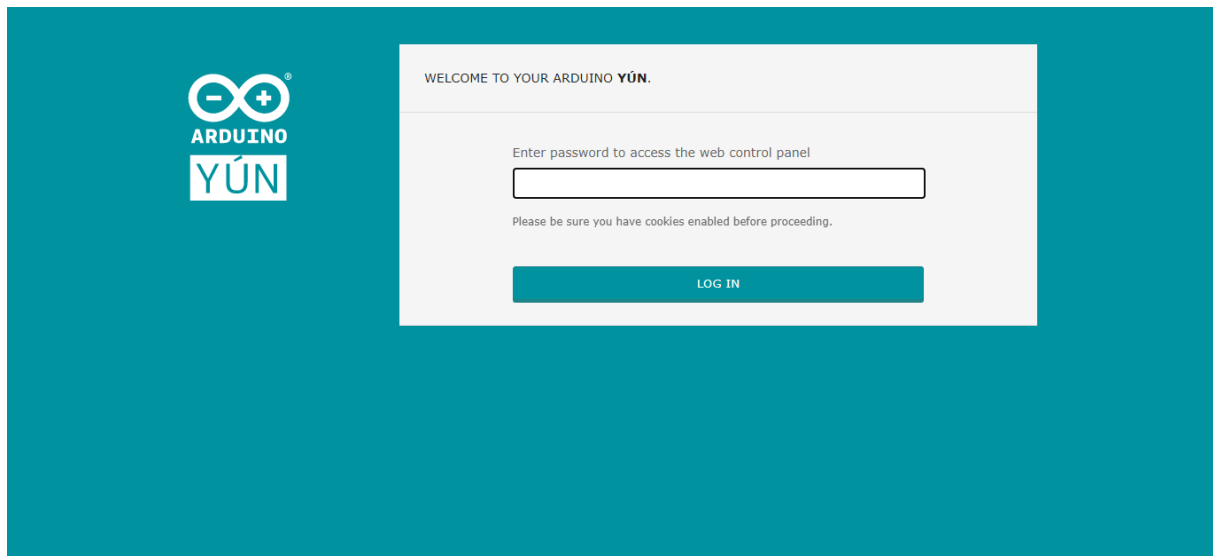
Στα διαθέσιμα δίκτυα Wi-Fi επιλέγουμε και κάνουμε σύνδεση στο **ArduinoYun-XXXXXXXXXXXXX**.

Βήμα 2

Σε έναν browser πληκτρολογούμε το **192.168.240.1**

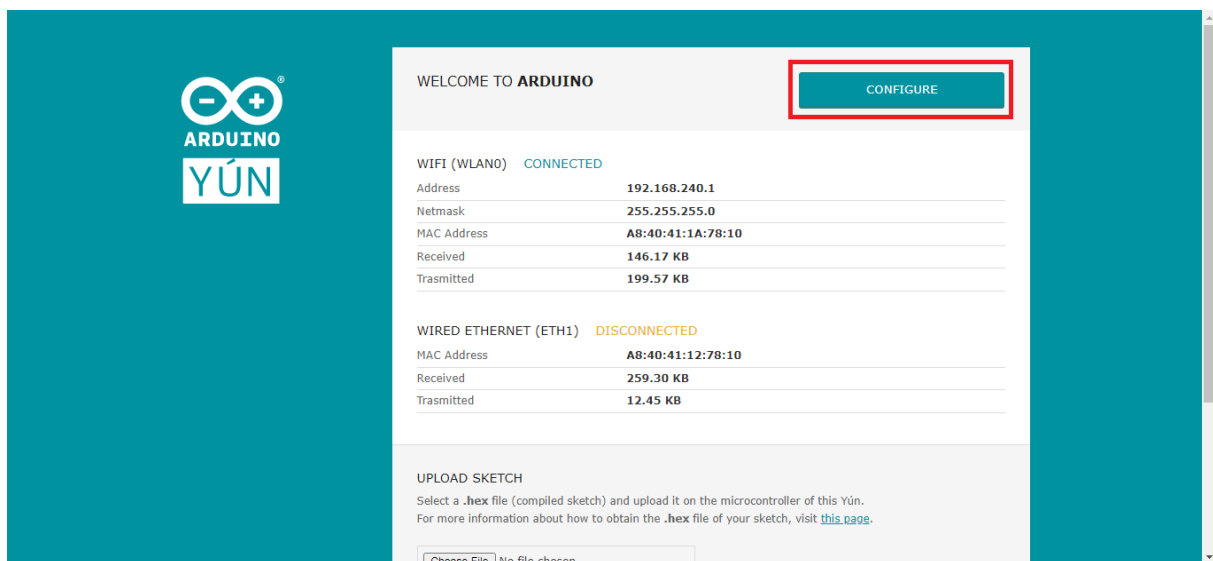
Βήμα 3

Στην συνέχεια θα εμφανιστεί το παρακάτω. Ο κωδικός είναι `arduino@123` ή `arduino`.



Βήμα 4

Στην παρακάτω οθόνη επιλέγουμε το **CONFIGURE**.



Βήμα 5

Στην συνέχεια:

1. Πληκτρολογούμε τον κωδικό **arduino@123**
2. Επιλέγουμε το time zone

- Επιλέγουμε το Wi-Fi δίκτυο που θα συνδεθεί ο GYA-1178 (αν το δίκτυο έχει κωδικό πρόσβασης τον πληκτρολογούμε στο πεδίο που θα εμφανιστεί)
- Τέλος πατάμε **CONFIGURE & RESTART**

YÚN BOARD CONFIGURATION

YÚN NAME * Arduino

PASSWORD *****

CONFIRM PASSWORD *****

TIMEZONE * Europe/Athens

WIRELESS PARAMETERS

CONFIGURE A WIRELESS NETWORK ☒

DETECTED WIRELESS NETWORKS uth-open2 (quality 58%) Refresh

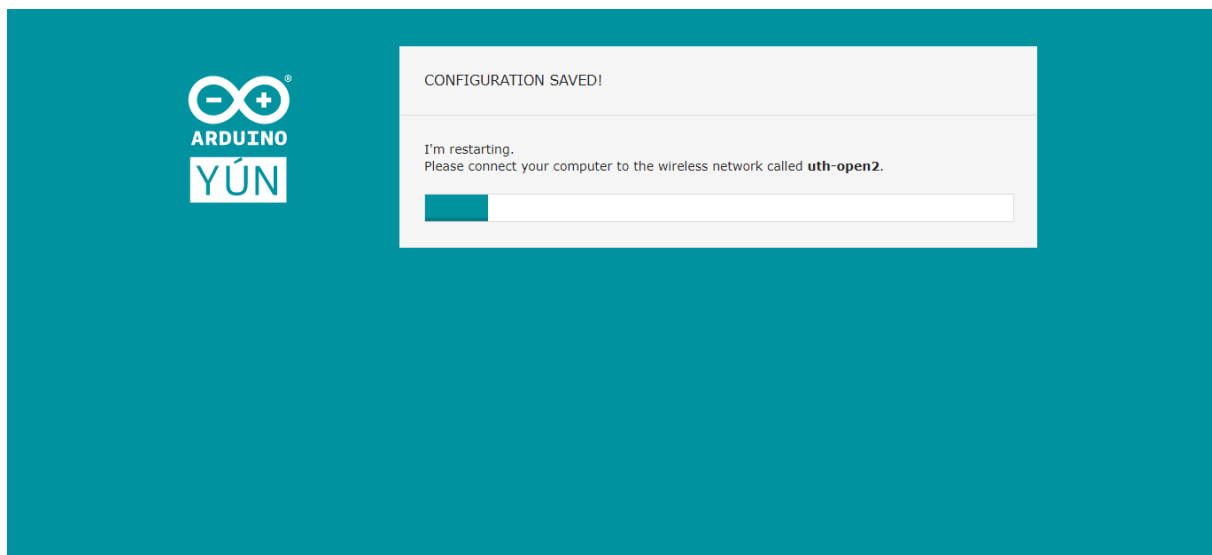
WIRELESS NAME * uth-open2

SECURITY None

DISCARD CONFIGURE & RESTART

Βήμα 6

Στην συνέχεια θα εμφανιστεί το παρακάτω. Συνδεόμαστε στο δίκτυο που έχουμε επιλέξει και περιμένουμε να ολοκληρωθεί η σύνδεση.

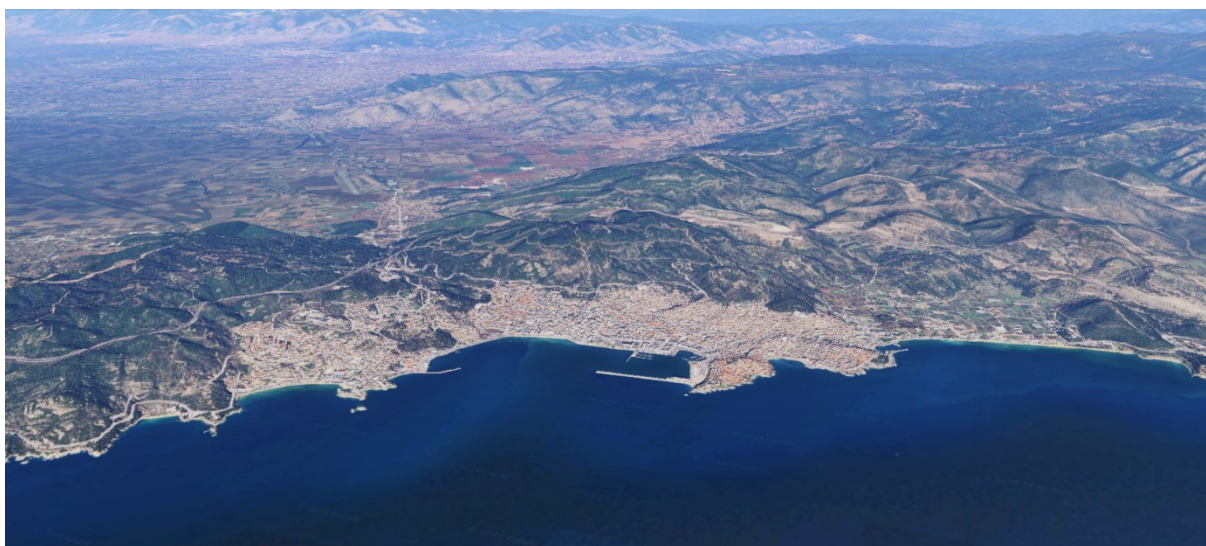


3.2 Τοποθεσία 1^η – Καβάλα

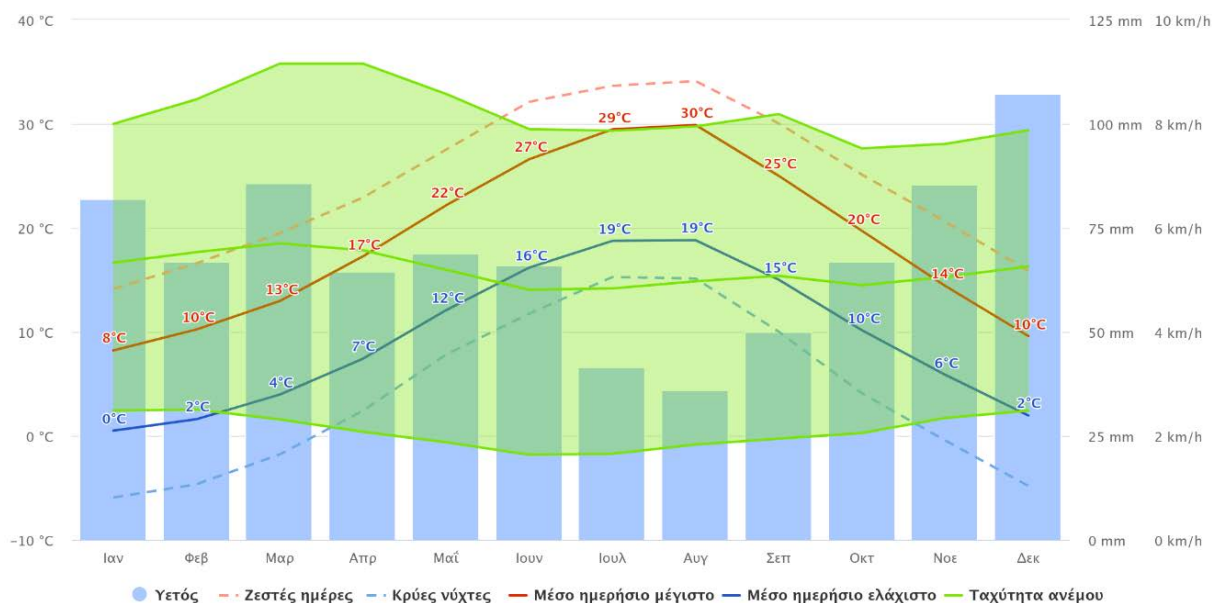
3.2.1 Το κλίμα της Καβάλας

Η πόλη της Καβάλας είναι η έδρα της Περιφερειακής Ενότητας Καβάλας και ανήκει γεωγραφικά στη Βόρεια Ελλάδα. Είναι κτισμένη αμφιθεατρικά, στους πρόποδες του όρους Σύμβολο, και γειτνιάζει με τη θάλασσα στο νότο και με δάσος στο βορρά. Η έκταση του Δήμου είναι 350.61 km² και ο μόνιμος πληθυσμός του αριθμεί 68.573 κατοίκους, σύμφωνα με την απογραφή του 2021.^[23]

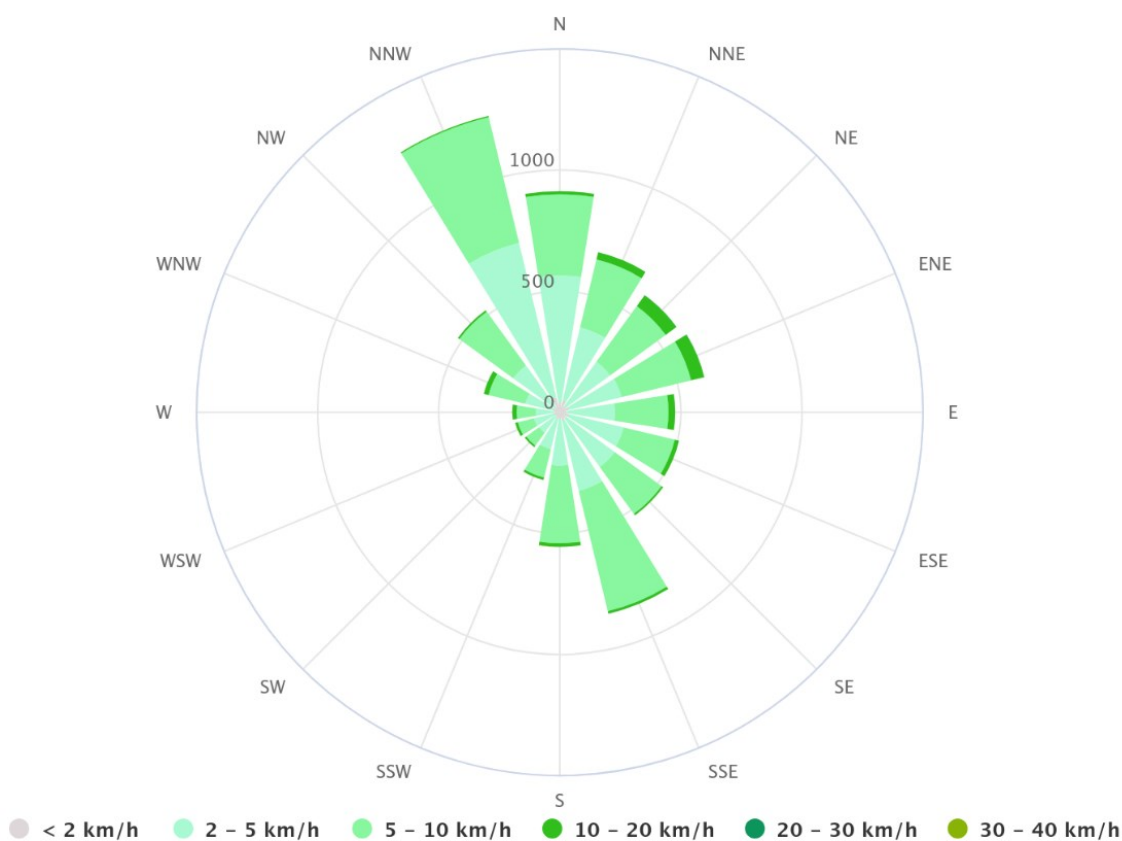
Το κλίμα της Καβάλας χαρακτηρίζεται γενικά ως μεσογειακό, λόγω της παρουσίας της θάλασσας. Παρόλα αυτά, λόγω της ιδιάζουσας γεωμορφολογίας της πόλης και του γεγονότος πως η βόρεια με τη νότια περιοχή παρουσιάζουν σημαντική υψομετρική διαφορά, δύναται να παρουσιάζονται μερικές αποκλίσεις στα καιρικά φαινόμενα. Επίσης, το ύψος των βουνών δεν επιτρέπει, συχνά, την εισροή βόρειων ψυχρών ανέμων στο παραλιακό τμήμα της πόλης.^[24]



Εικόνα 3.1 - Η γεωμορφολογία της Καβάλας, Google Maps



Διάγραμμα 3.1 - Μέσος όρος θερμοκρασιών και βροχοπτώσεων – Καβάλα, www.meteoblue.com



Διάγραμμα 3.2 - Πόσες ώρες, ετησίως, φυσάει από την υποδεικνυόμενη κατεύθυνση – Καβάλα, www.meteoblue.com

Η Καβάλα αποτελεί τη μοναδική περιοχή της Ελλάδας που εξορύσσει πετρέλαιο (κοίτασμα του Πρίνου) ενώ, επίσης, διαθέτει την μεγαλύτερη Βιομηχανία Φωσφορικών Λιπασμάτων (ΒΦΛ) της χώρας και μια από τις μεγαλύτερες ιχθυόσκαλες της Μεσογείου με εγχώρια και διεθνή διακίνηση εμπορευμάτων.^[25]

Σύμφωνα με μελέτη του 2007, που συλλέχθηκαν δεδομένα θνησιμότητας σε βάθος τριακονταετίας (1968-1998), αποδείχθηκε πως η ατμοσφαιρική ρύπανση αύξησε τους θανάτους λόγω καρδιαγγειακών και πνευμονικών αιτιών, όπως και τον καρκίνο, στην Καβάλα. Αποδόθηκαν ευθύνες, αυτής της ανόδου, στην ύπαρξη εργοστασίου λιπασμάτων καθώς και στην εκμετάλλευση αργού πετρελαίου, στη βιομηχανική περιοχή της πόλης, ανατολικά του κέντρου της. Η μελέτη έδειξε την παρουσία αρωματικών και αλειφατικών υδρογονανθράκων, μεθάνιο, ξυλένιο, αιθυλοβενζόλιο κ.α..^{[26],[27]}

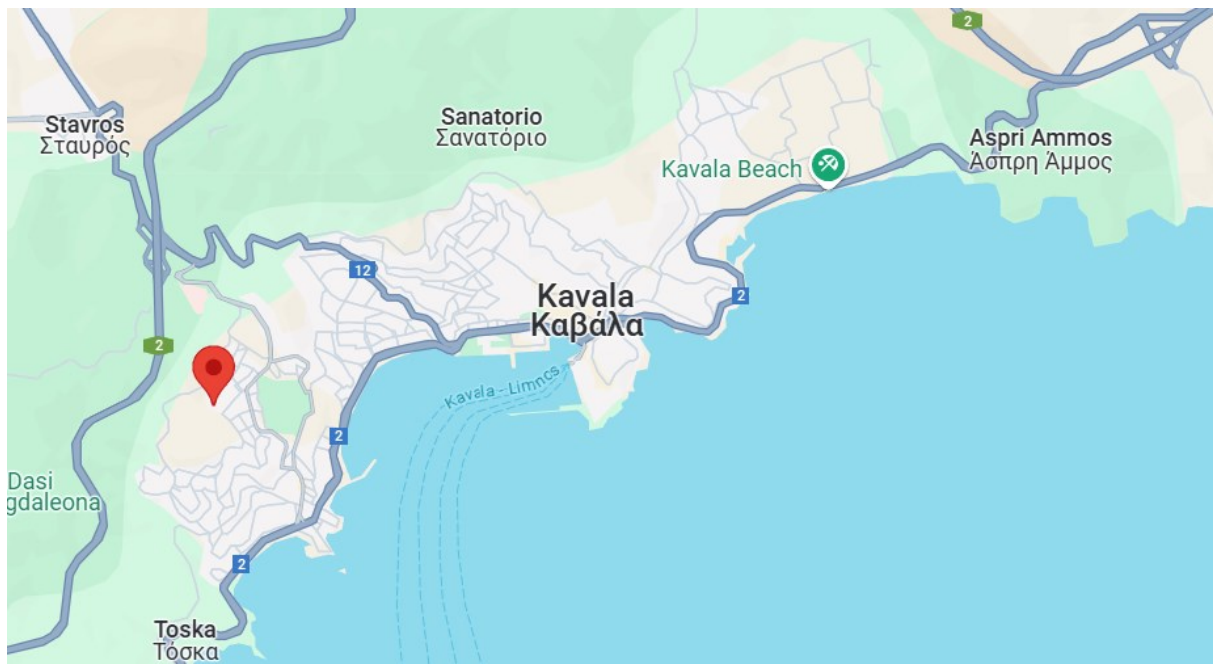
Καθώς ευνόητα προκύπτει, λοιπόν, ανατολικοί άνεμοι ευνοούν την μεταφορά αέριων ρύπων προς τον κατοικημένο ιστό της πόλης, από τη βιομηχανική περιοχή της Καβάλας.

3.2.2 Εγκατάσταση μετρητή Καβάλας

Η τοποθεσία που επιλέχθηκε για την εγκατάσταση του μετρητή είναι συνοικία του Αγίου Λουκά. Ο μετρητής τοποθετήθηκε στο ισόγειο της πολυκατοικίας.



Εικόνα 3.2 - Η τοποθεσία του μετρητή, στη συνοικία του Αγ. Λουκά, Google Maps



Εικόνα 3.3 - Η τοποθεσία του μετρητή, πολύ κοντά σε δασική περιοχή, Google Maps

3.2.2.1 Περιγραφή εργασιών

Ο μετρητής τοποθετήθηκε σε σημείο προστατευμένο από τις καιρικές συνθήκες (βροχή, χαλάζι, ήλιος) και με απευθείας σύνδεση σε οικιακό δίκτυο Wi-Fi.

Αρχικά, συναρμολογήθηκε η συσκευή του μετρητή με τις δοσμένες βίδες και τα αντίστοιχα παξιμάδια, με τη βοήθεια ενός κατσαβιδιού χειρός σταυρού.

Έπειτα, διανοίχτηκε διαμπερής οπή στον τοίχο, με κρουστικό δραπανοκατσάβιδο μπαταρίας, από την οποία πέρασε το καλώδιο τροφοδοσίας ρεύματος του μετρητή και συνδέθηκε σε πρίζα εσωτερικά του τοίχου, σε αποθήκη. Η συγκεκριμένη πρίζα, παρέχει ρεύμα αποκλειστικά στο μετρητή.

Στη συνέχεια, διανοίχτηκαν δύο οπές στην επάνω πλευρά του τοίχου/υπόστεγου, με επαναφορτιζόμενο τρυπάνι, στις οποίες καρφώθηκαν τα ούπα. Ο μετρητής βιδώθηκε στις προαναφερθείσες οπές, με τη χρήση του ίδιου εργαλείου αλλά με διαφορετική κεφαλή.

Τέλος, ακολουθήθηκαν οι οδηγίες εγκατάστασης, με γρήγορη και σταθερή σύνδεση στο διαδίκτυο, ελέγχθηκε η αποστολή μετρήσεων στο φύλλο εργασίας Excel, και έκτοτε η συσκευή μέτρησης λειτουργεί κανονικά και αδιάκοπα.



Εικόνα 3.4 - Μετρητής Καβάλας



Εικόνα 3.5 - Μετρητής Καβάλας

3.2.2.2 Περιβάλλοντας χώρος

Τον περιβάλλοντα χώρο του μετρητή αποτελεί ένας οικιακής χρήσης κήπος με οπωρολαχανικά και διάφορα φυτά, αλλά και οι χώροι στάθμευσης των γειτονικών πολυκατοικιών. Πρόκειται για μια γειτονιά αμιγώς οικιστικού χαρακτήρα χωρίς καταστήματα εστίασης ή άλλης χρήσης, τριγύρω.



Εικόνα 3.6 - Περιβάλλοντας χώρος Καβάλας



Εικόνα 3.7 - Περιβάλλοντας χώρος Καβάλας



Εικόνα 3.8 - Περιβάλλοντας χώρος Καβάλας

3.3 Τοποθεσία 2^η – Πανόρμου

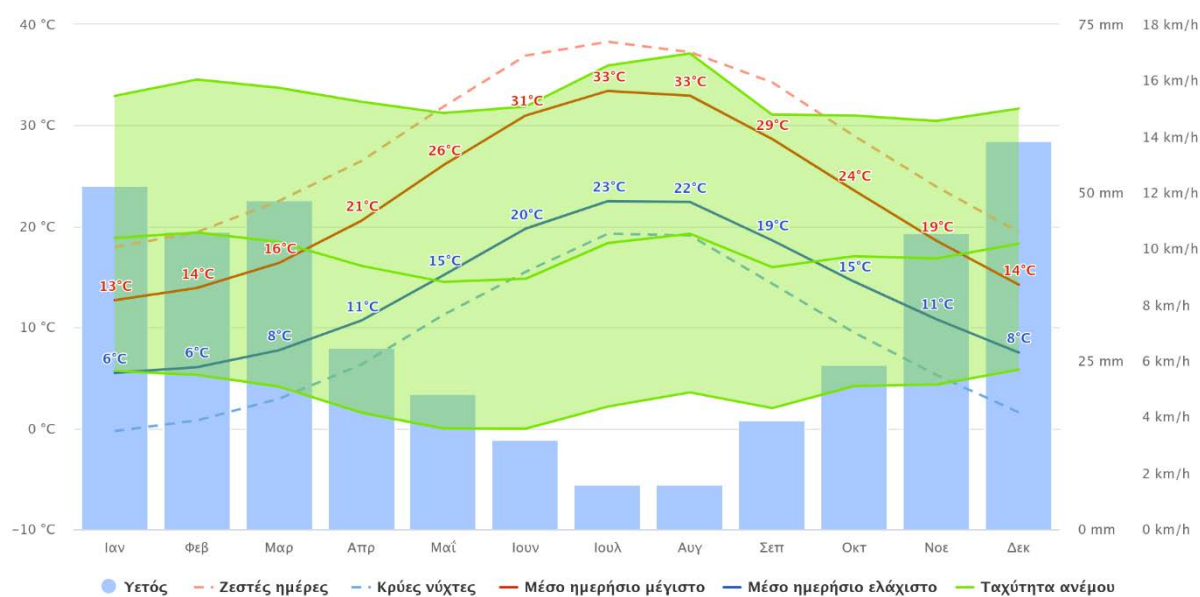
3.3.1 Το κλίμα της Αθήνας

Η Αθήνα αποτελεί την πρωτεύουσα της Ελλάδας και την πιο πυκνοκατοικημένη πόλη της χώρας. Είναι κτισμένη στο λεκανοπέδιο Αττικής, γύρω από 5 βουνά, ενώ έχει και αρκετούς λόφους, με τον Λυκαβηττό να είναι ένας εκ των ψηλότερων. Η γεωμορφολογία της Αθήνας, λόγω των βουνών της που προκαλούν το φαινόμενο της θερμοκρασιακής αναστροφής, φέρει σημαντική ευθύνη για τα προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης που αντιμετωπίζει η πόλη. Ο Δήμος Αθηναίων, στον οποίο ανήκει η συνοικία των Αμπελοκήπων, αριθμεί 637.798 μόνιμους κατοίκους, σύμφωνα με την απογραφή του 2021, και εκτείνεται σε 38.96 km².^[28]

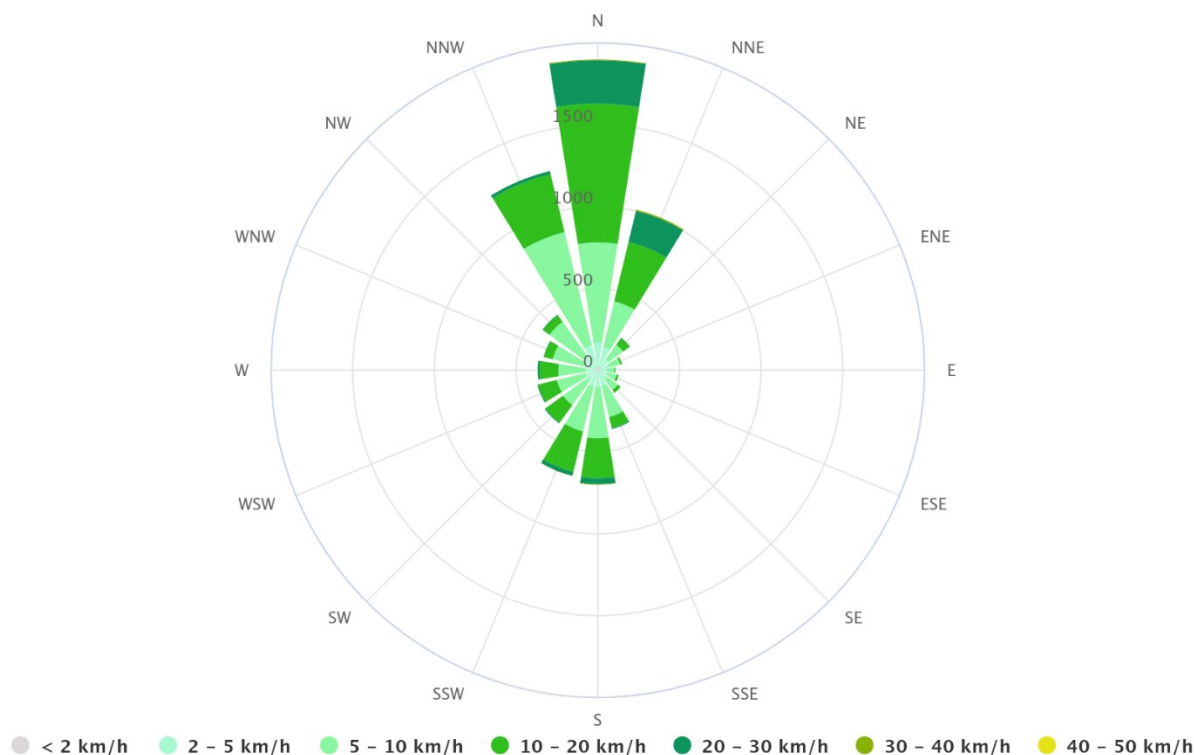
Η Αθήνα αποτελεί τη θερμότερη πόλη της ηπειρωτικής Ευρώπης. Το κλίμα είναι ήπιο και ξηρό. Η συνοικία των Αμπελοκήπων, βρίσκεται στα βορειοανατολικά του κέντρου της πόλης και βρίσκεται στη διασταύρωση των μεγαλύτερων συγκοινωνιακών κόμβων της Αθήνας. Συγκεκριμένα, διασχίζεται στη μέση από τη Λεωφόρο Κηφισίας, στα ανατολικά από τη Λεωφόρο Μεσογείων και στα νότια από τη Λεωφόρο Αλεξάνδρας, ενώ στη διασταύρωση της Λεωφόρου Κηφισίας με τη Λεωφόρο Αλεξάνδρας βρίσκεται η είσοδος του δακτυλίου.^[29]



Εικόνα 3.9 - Η πόλη της Αθήνας, Google Maps



Διάγραμμα 3.3 - Μέσος όρος θερμοκρασιών και βροχοπτώσεων – Αμπελόκηποι, www.meteoblue.com

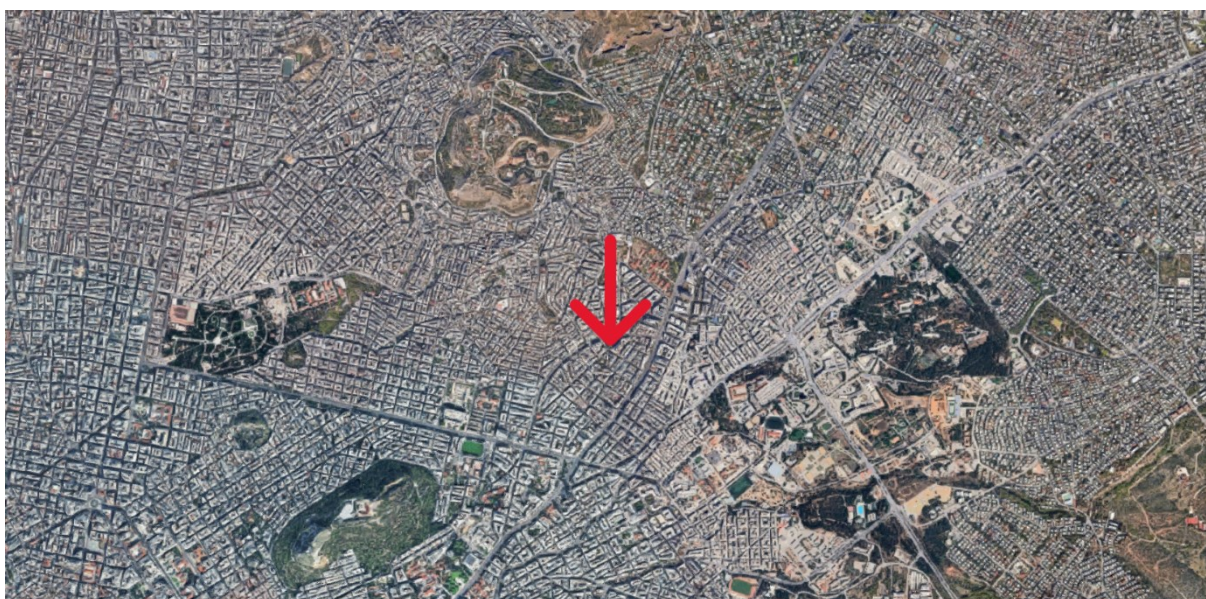


Διάγραμμα 3.4 - Πόσες ώρες, ετησίως, φυσάει από την υποδεικνυόμενη κατεύθυνση – Αμπελόκηποι, www.meteoblue.com

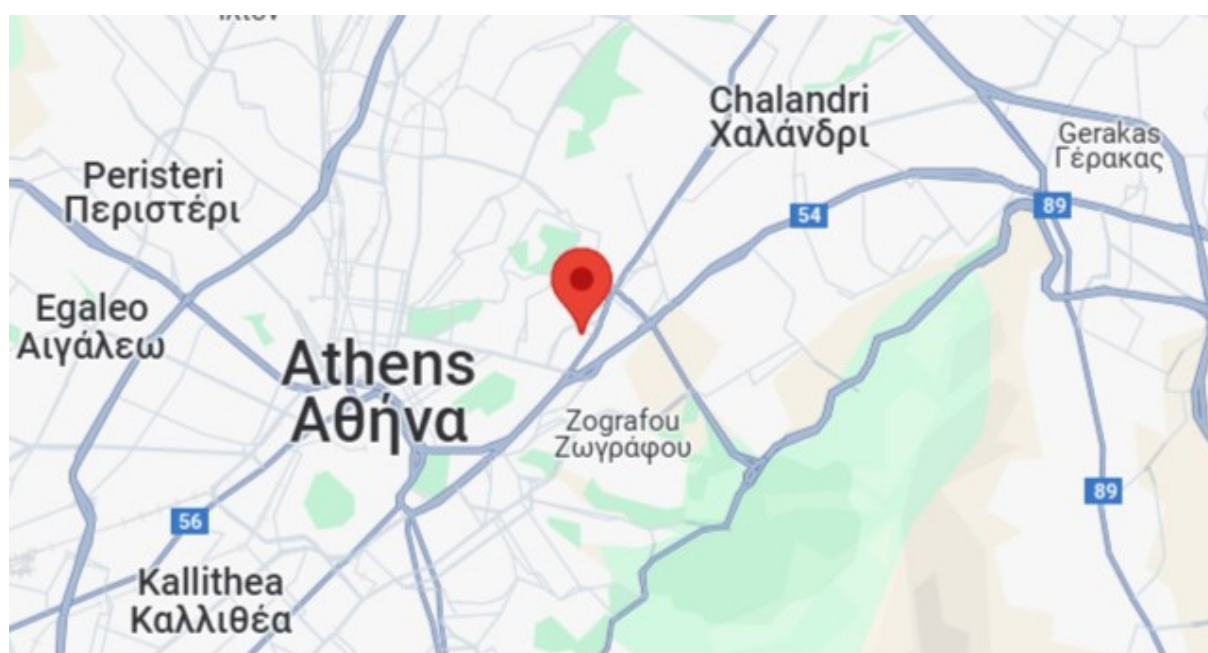
Το μεγαλύτερο μέρος των Αμπελοκήπων έχει αμιγώς οικιστικό χαρακτήρα, αλλά υπάρχουν αρκετά εστιατόρια και κέντρα διασκέδασης στην οδό Πανόρμου, καθώς και μαγαζιά στη λεωφόρο Κηφισίας και στην οδό Λαρίσης. Επίσης, κάθε Σάββατο λειτουργεί λαϊκή αγορά στην οδό Λουΐζης Ριανκούρ. Στο Αθηναϊκό πεδίο, γενικότερα, η ανεπτυγμένη βιομηχανία βρίσκεται στις περιοχές της δυτικής Αττικής, στις οποίες έχουν δημιουργηθεί αρκετές βιομηχανικές περιοχές, ενώ αρκετές επιχειρήσεις εδρεύουν στα Βόρεια προάστια.^[29]

3.3.2 Εγκατάσταση μετρητή Πανόρμου

Η τοποθεσία που επιλέχθηκε για την εγκατάσταση του μετρητή είναι η περιοχή Πανόρμου του Δήμου Αμπελοκήπων, στην συμβολή των οδών Λουΐζης Ριανκούρ και Λαρίσης. Ο μετρητής τοποθετήθηκε σε μπαλκόνι διαμερίσματος του 3^{ου} ορόφου.



Εικόνα 3.10 - Η τοποθεσία του μετρητή, μέσα στον αστικό ιστό ελλείπει πράσινου, Google Maps



Εικόνα 3.11 - Η τοποθεσία του μετρητή, στην περιοχή της Πανόρμου, πολύ κοντά σε κεντρική οδική αρτηρία, Google Maps

3.3.2.1 Περιγραφή εργασιών

Ο μετρητής τοποθετήθηκε σε σημείο προστατευμένο από τις καιρικές συνθήκες (βροχή, χαλάζι, ήλιος) και με απευθείας σύνδεση σε οικιακό δίκτυο Wi-Fi.

Αρχικά, συναρμολογήθηκε η συσκευή του μετρητή με τις δοσμένες βίδες και τα αντίστοιχα παξιμάδια, με τη βοήθεια ενός κατσαβιδιού χειρός σταυρού.

Έπειτα, χρησιμοποιήθηκε επέκταση καλωδίου ρεύματος, η οποία περάστηκε μέσα από προϋπάρχον κανάλι καλωδίων. Η επέκταση τροφοδοτείται από εξωτερική πρίζα του μπαλκονιού.

Στη συνέχεια, διανοίχτηκαν δύο οπές στην επάνω πλευρά του τοίχου/υπόστεγου, με επαναφορτιζόμενο τρυπάνι, στις οποίες καρφώθηκαν τα ούπα. Ο μετρητής βιδώθηκε στις προαναφερθείσες οπές, με τη χρήση του ίδιου εργαλείου αλλά με διαφορετική κεφαλή. Ακόμη, τα καλώδια που προεξείχαν του καναλιού στερεώθηκαν με στερεωτικά καρφιά (ρόκα) ώστε να είναι σταθερά και τεντωμένα.

Τέλος, ακολουθήθηκαν οι οδηγίες εγκατάστασης, με γρήγορη και σταθερή σύνδεση στο διαδίκτυο, ελέγχθηκε η αποστολή μετρήσεων στο φύλλο εργασίας Excel, και έκτοτε η συσκευή μέτρησης λειτουργεί κανονικά και αδιάκοπα.



Εικόνα 3.12 - Μετρητής Πανόρμου



Εικόνα 3.13 - Μετρητής Πανόρμου

3.3.2.2 Περιβάλλοντας χώρος

Τον περιβάλλοντα χώρο του μετρητή αποτελεί μια πολυσύχναστη περιοχή της συνοικίας με αρκετά καταστήματα εστίασης, ψησταριές, φούρνους και καφέ, καθώς και στάση μετρό ακριβώς μπροστά στην πλατεία. Επίσης, καθώς η τοποθεσία βρίσκεται πολύ κοντά σε οδική αρτηρία και φωτεινούς σηματοδότες, επηρεάζεται από την κυκλοφορία των οχημάτων.



Εικόνα 3.14 - Περιβάλλοντας χώρος Πανόρμου



Εικόνα 3.15 - Περιβάλλοντας χώρος Πανόρμου

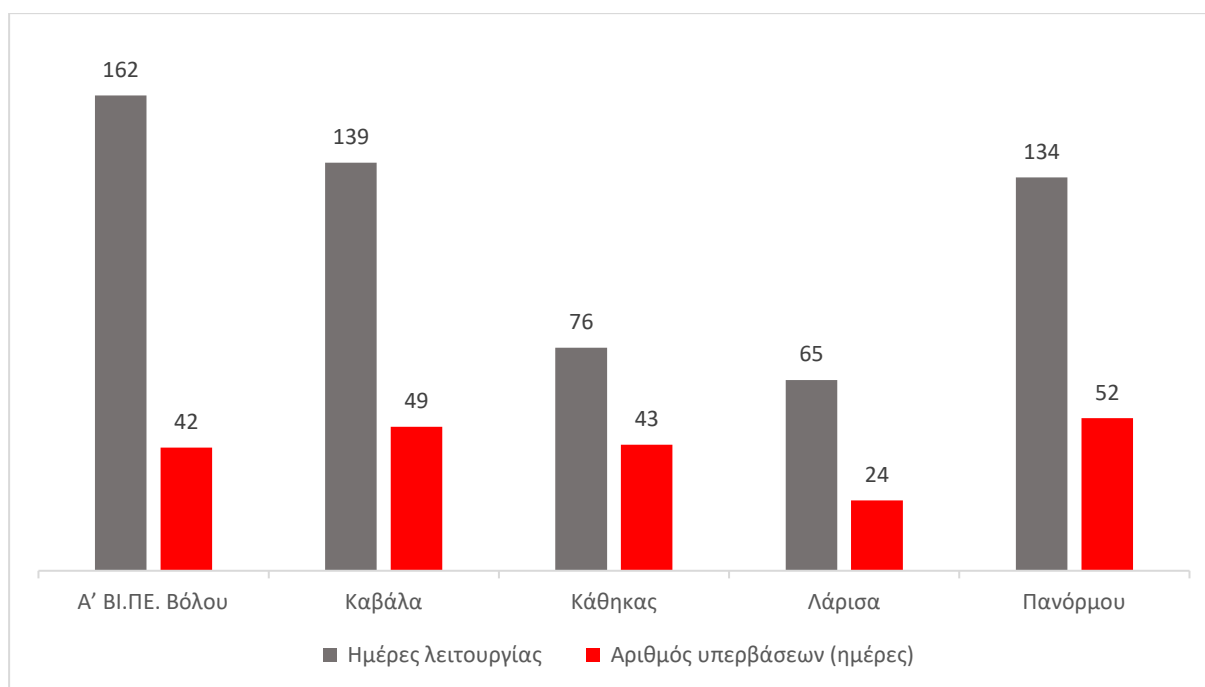
Κεφάλαιο 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Στο παρόν κεφάλαιο παρατίθενται αναλυτικά τα αποτελέσματα του κάθε μετρητή καθώς και μια εκτενής αναφορά σε στατιστικούς όρους, όπως οι μέσοι όροι, τα μέγιστα, τα ελάχιστα και η τυπική απόκλιση. Αξίζει να αναφερθεί πως, οι μετρητές λαμβάνουν τιμές σε πραγματικό χρόνο, περίπου κάθε 3 λεπτά. Ακόμη, για κάθε μήνα και τοποθεσία ξεχωριστά πάρθηκαν δεδομένα βροχόπτωση και ανέμου από το Αρχείο Καιρού, του www.freemeteo.gr, ώστε να συμπεριληφθεί οποιαδήποτε σχέση προκύπτει μεταξύ συγκέντρωσης σωματιδίων και μετεωρολογικών φαινομένων. Υπενθυμίζεται πως το ημερήσιο όριο, έπειτα από συστάσεις, του ΠΟΥ είναι $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Συνοπτικά, οι ημέρες λειτουργίας των μετρητών και οι αντίστοιχες υπερβάσεις τους, σύμφωνα με το ημερήσιο όριο του ΠΟΥ, στον Πίνακα 4.1 που ακολουθεί.

Πίνακας 4.1 - Υπερβάσεις μετρητών

Περιοχή μετρητή	Ημέρες λειτουργίας	Αριθμός υπερβάσεων (ημέρες)	Ποσοστό υπερβάσεων επί των συνολικών ημερών λειτουργίας
Καβάλα	139	49	35.25 %
Πανόρμου	134	52	38.81 %
Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου	162	42	25.93 %
Λάρισα	65	24	36.92 %
Κάθηκας	76	43	56.58 %



Διάγραμμα 4.1 - Υπερβάσεις μετρητών

4.1 Μετρητής Καβάλας

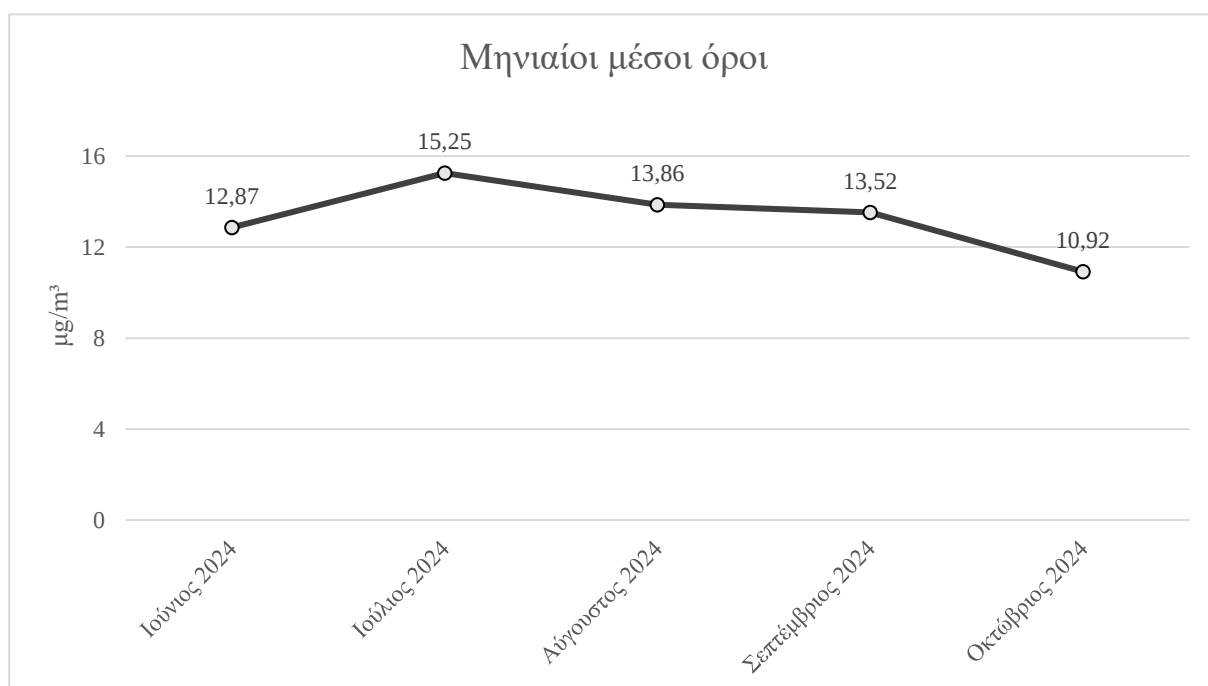
Ο μετρητής της Καβάλας συνέλεξε δεδομένα από 4 Ιουνίου ως 21 Οκτωβρίου 2024. Παρατηρείται πως, ο Ιούλιος ήταν ο μήνας με την εντονότερη παρουσία σωματιδίων εν αντιθέσει με τον Οκτώβριο που ήταν αυτός με την ασθενέστερη παρουσία, συγκριτικά.

Ο μέσος όρος της περιόδου μετρήσεων, από 4/6/2024 ως 21/10/2024, αιωρούμενων σωματιδίων PM_{2.5} ήταν **13.45 µg/m³**. Ο μέγιστος μέσος όρος παρατηρήθηκε στις 14/7/2024, με τιμή 29.29 µg/m³, ενώ ο ελάχιστος στις 16/9/2024, με τιμή 0.99 µg/m³.

4.1.1 Μηνιαίοι μέσοι όροι

Πίνακας 4.2 - Σύνοψη μέσων όρων Καβάλας

Μήνας	Μέσος όρος (µg/m ³)	Μέγιστος ημερήσιος μέσος όρος (µg/m ³)	Ελάχιστος ημερήσιος μέσος όρος (µg/m ³)	Τυπική απόκλιση (µg/m ³)
Ιούνιος 2024	12.87	19.83	3.56	4.08
Ιούλιος 2024	15.25	29.29	6.97	5.33
Αύγουστος 2024	13.86	21.68	6.40	3.95
Σεπτέμβριος 2024	13.52	22.79	0.99	6.76
Οκτώβριος 2024	10.92	21.30	3.99	4.94



Διάγραμμα 4.2 - Μηνιαίοι μέσοι όροι Καβάλας

4.1.2 Ημερήσιοι μέσοι όροι

4.1.2.1 Ιούνιος 2024

Για την περίοδο του Ιουνίου 2024 ο μέσος όρος ανήλθε σε **12.87 μg/m³**.

Ο ημερήσιος μέγιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 4 Ιουνίου, ενώ ο ημερήσιος ελάχιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 14 Ιουνίου.

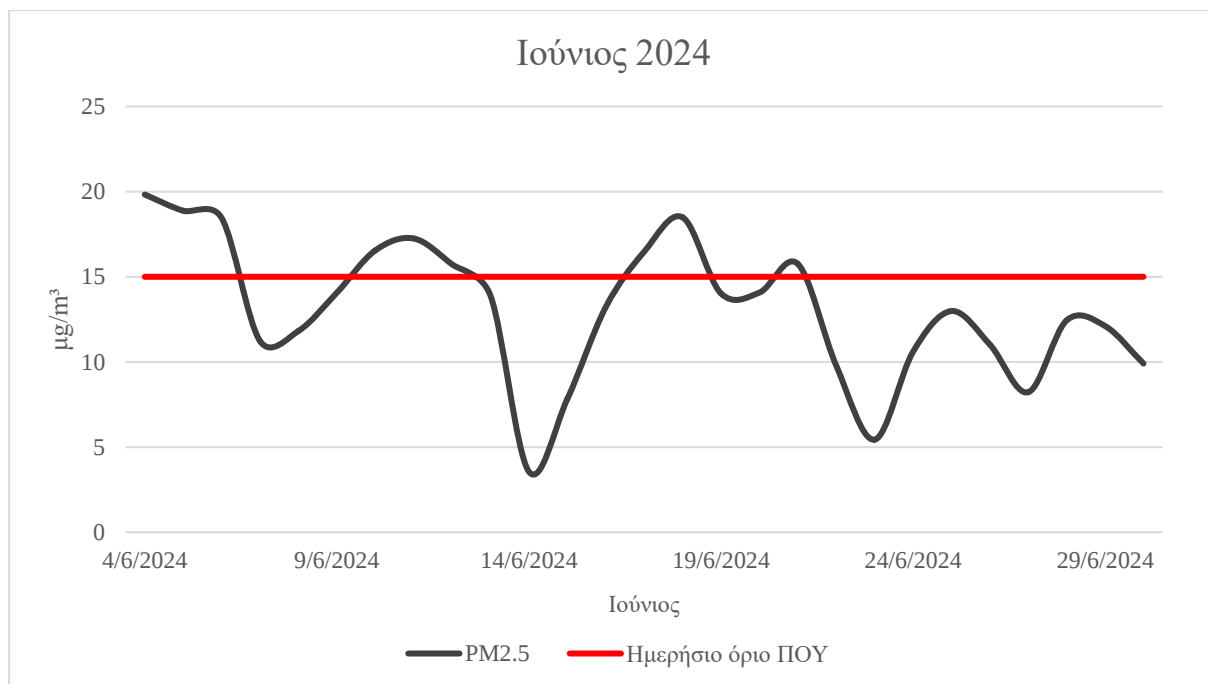
Πίνακας 4.3 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Ιουνίου 2024

Ημερομηνία	Τιμή PM _{2.5} (μg/m³)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)
9/6/2024 14:31	61.78	28.28	38.08
14/6/2024 00:49	0.28	25.63	40.36

Πίνακας 4.4 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Ιουνίου 2024

Ημερομηνία	Μέσος όρος PM_{2.5} (μg/m³)
4/6/2024	19.83
5/6/2024	18.88
6/6/2024	18.46
7/6/2024	11.23
8/6/2024	11.82
9/6/2024	14.07
10/6/2024	16.55
11/6/2024	17.25
12/6/2024	15.73
13/6/2024	13.89
14/6/2024	3.56
15/6/2024	7.83
16/6/2024	13.22
17/6/2024	16.47
18/6/2024	18.49
19/6/2024	14.02
20/6/2024	14.07
21/6/2024	15.76
22/6/2024	9.79
23/6/2024	5.44
24/6/2024	10.60
25/6/2024	12.99
26/6/2024	11.02
27/6/2024	8.22
28/6/2024	12.44
29/6/2024	12.11
30/6/2024	9.91

Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά στοιχεία του μήνα, στις 6, 13 και 14 Ιουνίου παρουσιάστηκε ασθενής βροχόπτωση στην Καβάλα. Οι ισχυρότεροι άνεμοι, κατά μέσο όρο, έπνευσαν στις 29 Ιουνίου, της τάξης των 20 km/h, ενώ οι ασθενέστεροι στις 8 Ιουνίου, συγκριτικά.



Διάγραμμα 4.3 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Ιουνίου 2024

4.1.2.2 Ιούλιος 2024

Για την περίοδο του Ιουλίου 2024 ο μηνιαίος μέσος όρος ανήλθε σε **15.25 µg/m³**.

Ο ημερήσιος μέγιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 14 Ιουλίου, ενώ ο ημερήσιος ελάχιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 7 Ιουλίου.

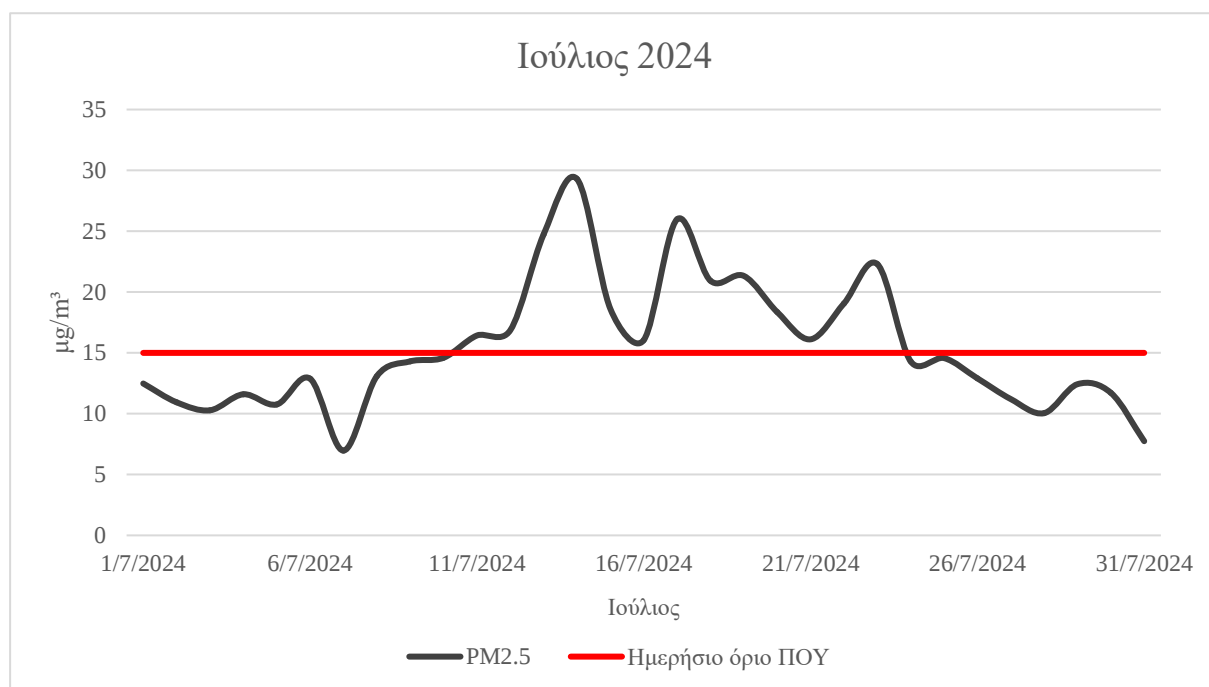
Πίνακας 4.5 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Ιουλίου 2024

Ημερομηνία	Τιμή PM _{2.5} (µg/m³)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)
6/7/2024 19:18	98.5	28.74	30.56
7/7/2024 14:06	2.33	31.00	21.84

Πίνακας 4.6 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Ιουλίου 2024

Ημερομηνία	Μέσος όρος PM_{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1/7/2024	12.48
2/7/2024	10.94
3/7/2024	10.28
4/7/2024	11.60
5/7/2024	10.76
6/7/2024	12.88
7/7/2024	6.97
8/7/2024	13.08
9/7/2024	14.30
10/7/2024	14.60
11/7/2024	16.43
12/7/2024	16.86
13/7/2024	24.74
14/7/2024	29.29
15/7/2024	18.62
16/7/2024	16.05
17/7/2024	25.98
18/7/2024	20.93
19/7/2024	21.33
20/7/2024	18.36
21/7/2024	16.11
22/7/2024	19.06
23/7/2024	22.30
24/7/2024	14.31
25/7/2024	14.57
26/7/2024	12.91
27/7/2024	11.20
28/7/2024	10.05
29/7/2024	12.43
30/7/2024	11.72
31/7/2024	7.74

Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά στοιχεία του μήνα, στις 3, 19 και 23 Ιουλίου παρουσιάστηκε ασθενής βροχόπτωση, ενώ στις 4 και 25 Ιουλίου παρουσιάστηκε μέτρια βροχόπτωση με πυκνή νεφοκάλυψη. Οι ισχυρότεροι άνεμοι, κατά μέσο όρο, έπνευσαν στις 10 και 16 Ιουλίου, της τάξης των 18 km/h, ενώ οι ασθενέστεροι στις 5, 24 και 26 Ιουλίου, συγκριτικά.



Διάγραμμα 4.4 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Ιουλίου 2024

4.1.2.3 Αύγουστος 2024

Για την περίοδο του Αυγούστου 2024 ο μηνιαίος μέσος όρος ανήλθε σε **13.86 µg/m³**.

Ο ημερήσιος μέγιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 4 Αυγούστου, ενώ ο ημερήσιος ελάχιστος μέσος όρος παρατηρείται στη 1 Αυγούστου.

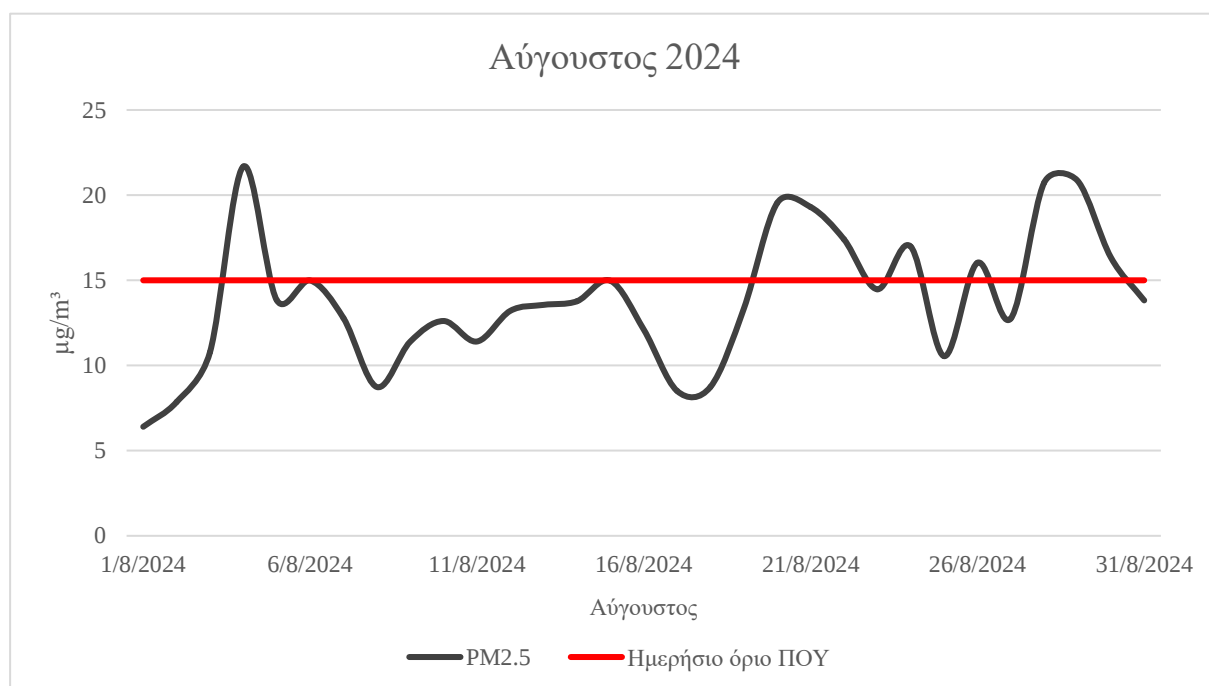
Πίνακας 4.7 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Αυγούστου 2024

Ημερομηνία	Τιμή PM _{2.5} (µg/m ³)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)
29/8/2024 19:19	42.61	27.17	46.57
16/8/2024 09:36	4.11	27.50	43.98

Πίνακας 4.8 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Αυγούστου 2024

Ημερομηνία	Μέσος όρος PM_{2.5} (μg/m³)
1/8/2024	6.40
2/8/2024	7.86
3/8/2024	10.78
4/8/2024	21.68
5/8/2024	13.84
6/8/2024	14.99
7/8/2024	12.78
8/8/2024	8.74
9/8/2024	11.40
10/8/2024	12.61
11/8/2024	11.41
12/8/2024	13.21
13/8/2024	13.56
14/8/2024	13.77
15/8/2024	14.98
16/8/2024	12.11
17/8/2024	8.51
18/8/2024	8.74
19/8/2024	13.33
20/8/2024	19.54
21/8/2024	19.30
22/8/2024	17.41
23/8/2024	14.47
24/8/2024	16.99
25/8/2024	10.55
26/8/2024	16.03
27/8/2024	12.75
28/8/2024	20.72
29/8/2024	20.85
30/8/2024	16.35
31/8/2024	13.82

Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά στοιχεία του μήνα, στις 9, 16, 17 20, 30 και 31 Αυγούστου παρουσιάστηκε βροχόπτωση με πυκνή νεφοκάλυψη από 29/8 ως 2/9. Ενδεικτικά για τις 30/8, που ήταν ημέρα υπέρβασης του ορίου και εμφάνισης βροχόπτωσης το διάστημα 17:20-17:50, στις 16:15 καταγράφηκε συγκέντρωση $13.56 \mu\text{g}/\text{m}^3$, στις 17:22 καταγράφηκε συγκέντρωση $7.61 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ενώ στις 18:22 καταγράφηκε συγκέντρωση $15.39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ συμπεραίνοντας πως η εμφάνιση βροχής επηρέασε τον καθαρισμό της ατμόσφαιρας από σωματίδια.



Διάγραμμα 4.5 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Αυγούστου 2024

4.1.2.4 Σεπτέμβριος 2024

Για την περίοδο του Σεπτεμβρίου 2024 ο μηνιαίος μέσος όρος ανήλθε σε $13.52 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ο ημερήσιος μέγιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 23 Σεπτεμβρίου, ενώ ο ημερήσιος ελάχιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 16 Σεπτεμβρίου.

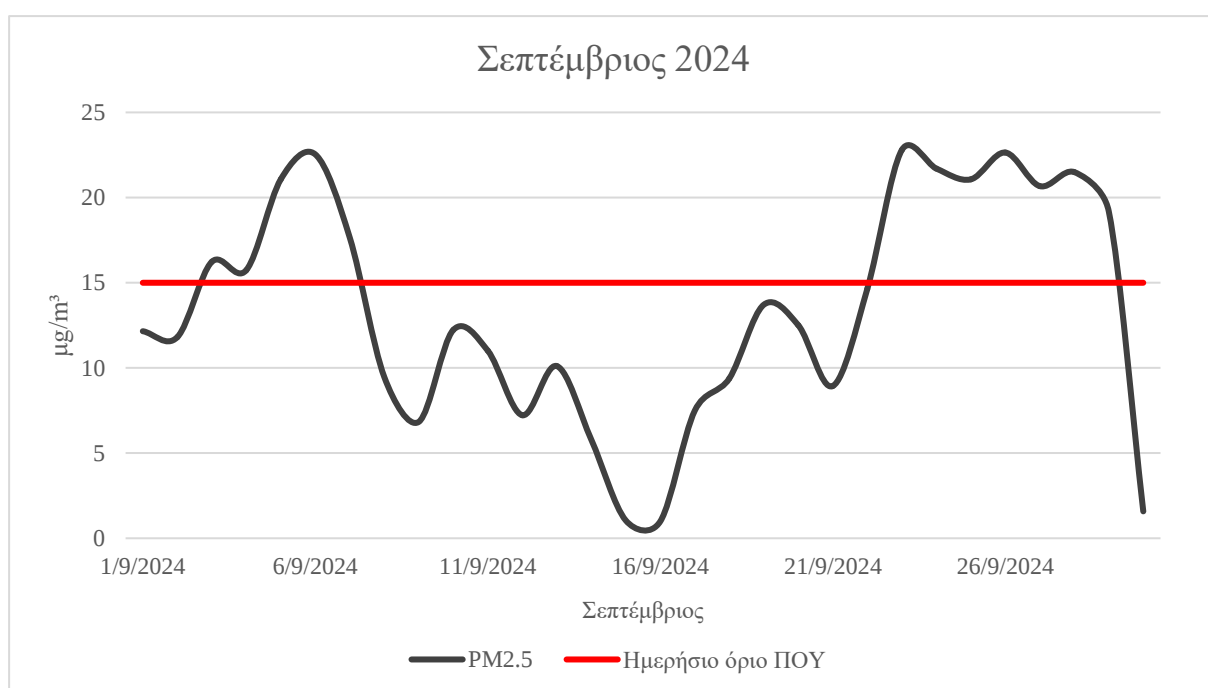
Πίνακας 4.9 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Σεπτεμβρίου 2024

Ημερομηνία	Τιμή PM _{2.5} (μg/m ³)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)
3/9/2024 09:37	87.67	26.12	37.98
15/9/2024 19:00		24.40	29.50
16/9/2024 03:49	0	21.41	34.38
30/9/2024 01:50		20.21	33.76

Πίνακας 4.10 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Σεπτεμβρίου 2024

Ημερομηνία	Μέσος όρος PM _{2.5} (μg/m ³)
1/9/2024	12.16
2/9/2024	11.81
3/9/2024	16.23
4/9/2024	15.74
5/9/2024	21.07
6/9/2024	22.53
7/9/2024	17.64
8/9/2024	9.46
9/9/2024	6.83
10/9/2024	12.23
11/9/2024	11.01
12/9/2024	7.22
13/9/2024	10.11
14/9/2024	5.79
15/9/2024	1.05
16/9/2024	0.99
17/9/2024	7.49
18/9/2024	9.38
19/9/2024	13.71
20/9/2024	12.51
21/9/2024	8.94
22/9/2024	14.63
23/9/2024	22.79
24/9/2024	21.70
25/9/2024	21.07
26/9/2024	22.64
27/9/2024	20.67
28/9/2024	21.50
29/9/2024	19.20
30/9/2024	1.58

Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά στοιχεία του μήνα, στις 6, 7, 10, 18 και 29 Σεπτεμβρίου παρουσιάστηκε βροχόπτωση, ενώ πυκνή νεφοκάλυψη υπήρχε καθ' όλη τη διάρκεια του μήνα. Ενδεικτικά για τις 6/9, που ήταν ημέρα υπέρβασης του ορίου και εμφάνισης βροχόπτωσης τις απογευματινές ώρες ως τη νύχτα, το διάστημα 00:00-20:00 ο ημερήσιος μέσος όρος ήταν $24.09 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ενώ το διάστημα 20:01-23:59 ο ημερήσιος μέσος όρος έπεσε σε $14.88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ συμπεραίνοντας πως η εμφάνιση βροχής επηρέασε τον καθαρισμό της ατμόσφαιρας από σωματίδια. Οι ισχυρότεροι άνεμοι, κατά μέσο όρο, έπνευσαν στις 1 και 21 Σεπτεμβρίου, της τάξης των 14 km/h , ενώ οι ασθενέστεροι στις 6 και 19 Σεπτεμβρίου, συγκριτικά.



Διάγραμμα 4.6 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Σεπτεμβρίου 2024

4.1.2.5 Οκτώβριος 2024

Για την περίοδο του Οκτωβρίου 2024 ο μέσος όρος ανήλθε σε **$10.92 \mu\text{g}/\text{m}^3$** .

Ο ημερήσιος μέγιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 5 Οκτωβρίου, ενώ ο ημερήσιος ελάχιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 18 Οκτωβρίου.

Πίνακας 4.11 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Οκτωβρίου 2024

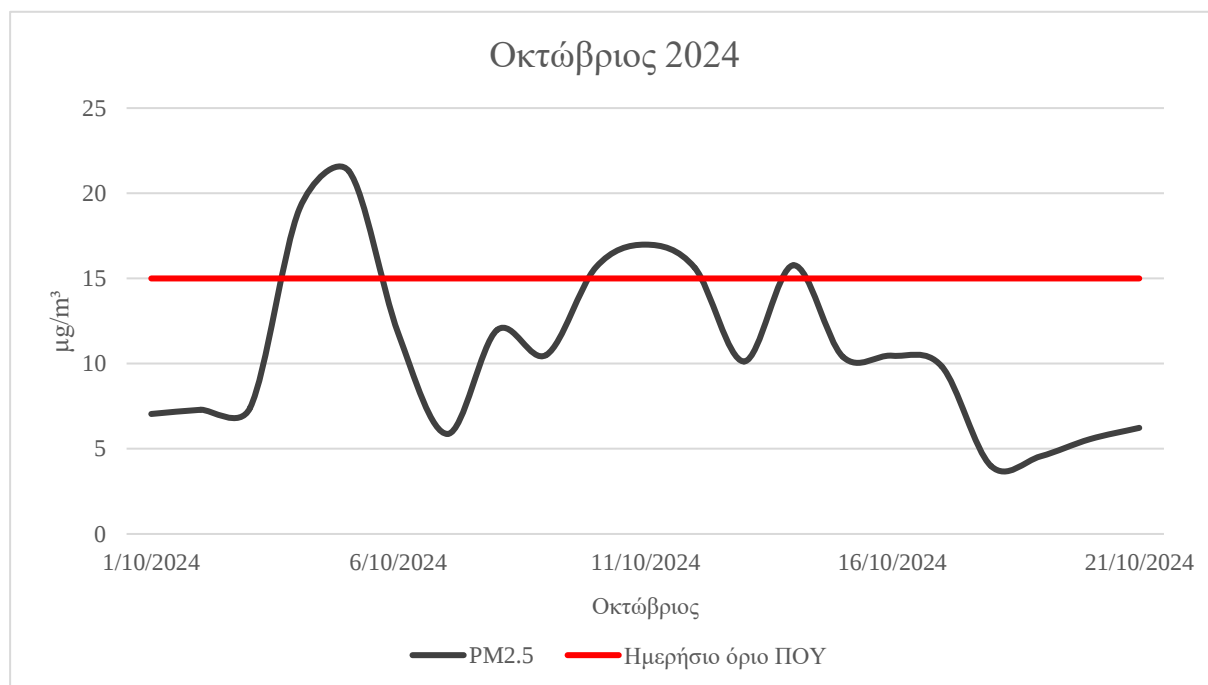
Ημερομηνία	Τιμή PM _{2.5} (μg/m ³)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)
14/10/2024 11:18	107.22	19.64	49.99
18/10/2024 11:39	0.56	17.80	25.49

Πίνακας 4.12 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Οκτωβρίου 2024

Ημερομηνία	Μέσος όρος PM _{2.5} (μg/m ³)
1/10/2024	7.04
2/10/2024	7.29
3/10/2024	7.40
4/10/2024	19.09
5/10/2024	21.30
6/10/2024	11.77
7/10/2024	5.87
8/10/2024	11.97
9/10/2024	10.51
10/10/2024	15.65
11/10/2024	16.99
12/10/2024	15.63
13/10/2024	10.13
14/10/2024	15.77
15/10/2024	10.40
16/10/2024	10.46
17/10/2024	9.84
18/10/2024	3.99
19/10/2024	4.56
20/10/2024	5.56
21/10/2024	6.23

Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά στοιχεία του μήνα, στις 5 Οκτωβρίου παρουσιάστηκε ασθενής βροχόπτωση. Στις 5, 6, 17 και 18 Οκτωβρίου υπήρχε πυκνή νεφοκάλυψη. Οι ισχυρότεροι

άνεμοι, κατά μέσο όρο, έπνευσαν στις 16, 24 και 31 Οκτωβρίου, της τάξης των 8-9 km/h, ενώ οι ασθενέστεροι στις 1 και 14 Οκτωβρίου, συγκριτικά.



Διάγραμμα 4.7 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Οκτωβρίου 2024

4.2 Μετρητής Πανόρμου

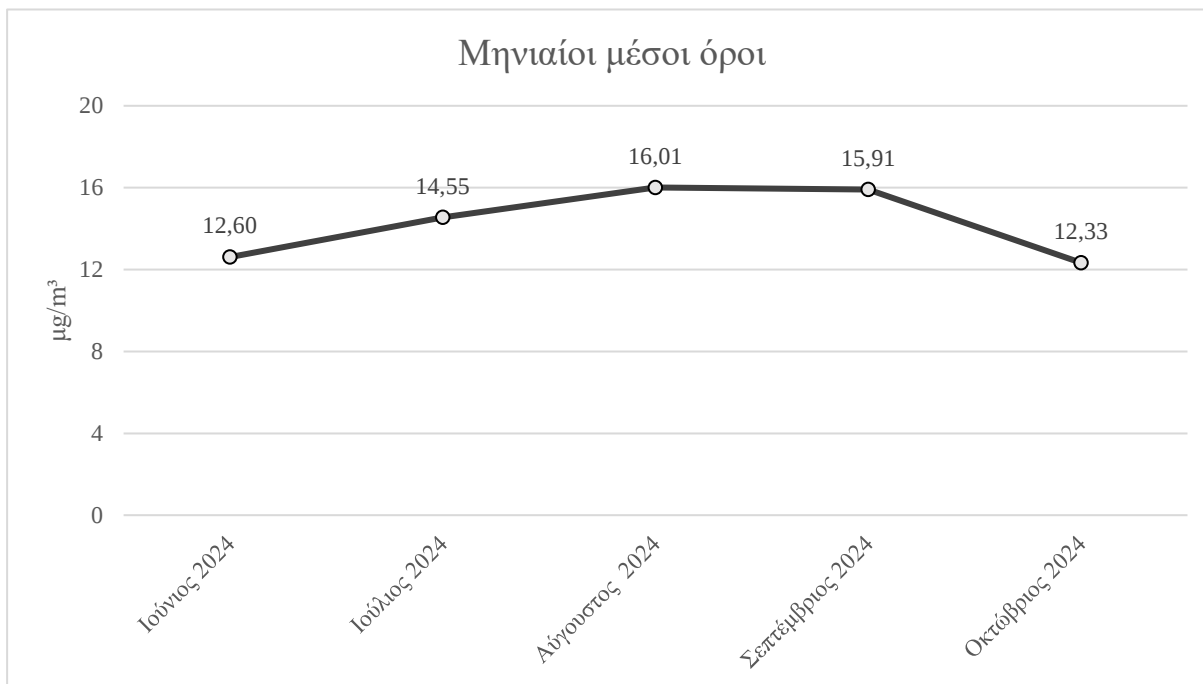
Ο μετρητής της Πανόρμου συνέλεξε δεδομένα από 9 Ιουνίου ως 21 Οκτωβρίου 2024. Παρατηρείται πως, ο Αύγουστος ήταν ο μήνας με την εντονότερη παρουσία σωματιδίων εν αντιθέσει με τον Οκτώβριο που αυτός ήταν με την ασθενέστερη παρουσία, συγκριτικά. Αξίζει να σημειωθεί πως ο Σεπτέμβριος παρουσιάζει μικρή διαφορά από τον Αύγουστο, και ότι γενικά οι μέσοι όροι δεν έχουν πολύ μεγάλη απόκλιση μεταξύ τους.

Ο μέσος όρος της περιόδου μετρήσεων, από 9/6/2024 ως 21/10/2024, αιωρούμενων σωματιδίων PM_{2.5} ήταν **14.53 µg/m³**. Ο μέγιστος ημερήσιος μέσος όρος παρατηρήθηκε στις 25/9/2024, με τιμή 30.30 µg/m³, ενώ ο ελάχιστος στις 15/9/2024, με τιμή 2.63 µg/m³.

4.2.1 Μηνιαίοι μέσοι όροι

Πίνακας 4.13 - Σύνοψη μέσων όρων Πανόρμου

Μήνας	Μέσος όρος ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Μέγιστος ημερήσιος μέσος όρος ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ελάχιστος ημερήσιος μέσος όρος ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Τυπική απόκλιση ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Ιούνιος 2024	12.60	19.64	8.00	3.24
Ιούλιος 2024	14.55	25.43	8.47	4.41
Αύγουστος 2024	16.01	27.41	8.29	5.53
Σεπτέμβριος 2024	15.91	30.30	2.63	8.38
Οκτώβριος 2024	12.33	18.97	4.81	4.03



Διάγραμμα 4.8 - Μηνιαίοι μέσοι όροι Πανόρμου

4.2.2 Ημερήσιοι μέσοι όροι

4.2.2.1 Ιούνιος 2024

Για την περίοδο του Ιουνίου 2024 ο μέσος όρος ανήλθε σε **12.60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

Ο ημερήσιος μέγιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 10 Ιουνίου, ενώ ο ημερήσιος ελάχιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 23 Ιουνίου.

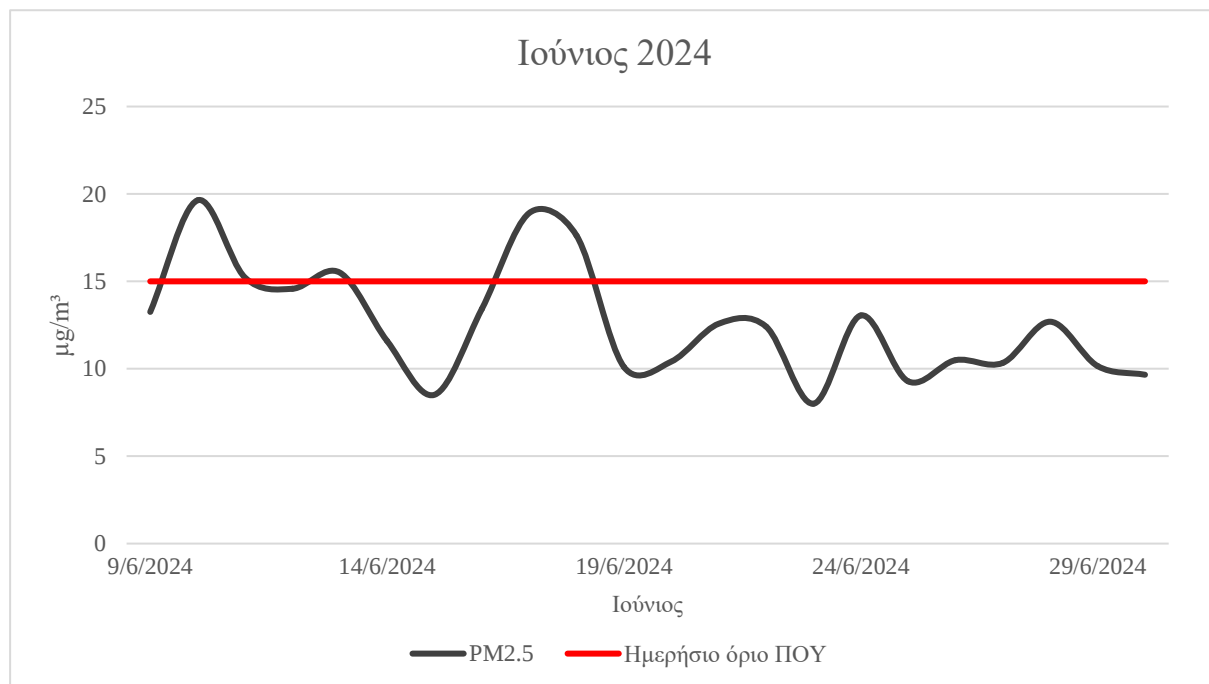
Πίνακας 4.14 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Ιουνίου 2024

Ημερομηνία	Τιμή PM _{2.5} (μg/m ³)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)
17/6/2024 08:33	49	28.34	30.83
23/6/2024 11:09	1,06	31.64	11.85

Πίνακας 4.15 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Ιουνίου 2024

Ημερομηνία	Μέσος όρος PM _{2.5} (μg/m ³)
9/6/2024	13.25
10/6/2024	19.64
11/6/2024	15.22
12/6/2024	14.58
13/6/2024	15.50
14/6/2024	11.59
15/6/2024	8.51
16/6/2024	13.42
17/6/2024	18.91
18/6/2024	17.61
19/6/2024	10.10
20/6/2024	10.41
21/6/2024	12.58
22/6/2024	12.41
23/6/2024	8,00
24/6/2024	13.05
25/6/2024	9.28
26/6/2024	10.49
27/6/2024	10.34
28/6/2024	12.69
29/6/2024	10.16
30/6/2024	9.66

Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά στοιχεία του μήνα, στις 6 Ιουνίου παρουσιάστηκε ασθενής βροχόπτωση, ενώ στις 13 και 14 Οκτωβρίου υπήρχε πυκνή νεφοκάλυψη. Οι ισχυρότεροι άνεμοι, κατά μέσο όρο, έπνευσαν στις 21 και 29 Ιουνίου, της τάξης των 35 km/h, ενώ οι ασθενέστεροι στις 2 και 17 Ιουνίου, συγκριτικά.



Διάγραμμα 4.9 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Ιουνίου 2024

4.2.2.2 Ιούλιος 2024

Για την περίοδο του Ιουλίου 2024 ο μηνιαίος μέσος όρος ανήλθε σε **14.55 µg/m³**.

Ο ημερήσιος μέγιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 22 Ιουλίου, ενώ ο ημερήσιος ελάχιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 31 Ιουλίου.

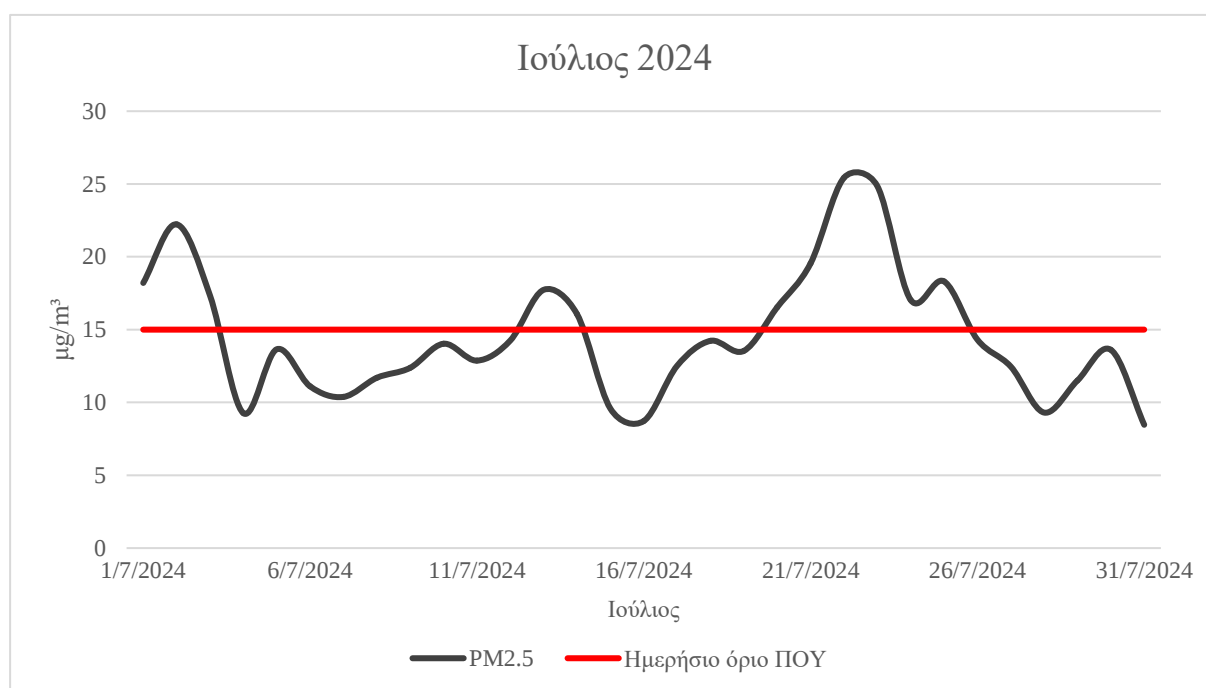
Πίνακας 4.16 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Ιουλίου 2024

Ημερομηνία	Τιμή PM _{2.5} (µg/m ³)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)
5/7/2024 01:37	43.44	23.10	51.79
15/7/2024 20:25	2.33	31.06	12.28

Πίνακας 4.17 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Ιουλίου 2024

Ημερομηνία	Μέσος όρος PM_{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1/7/2024	18.21
2/7/2024	22.23
3/7/2024	17.34
4/7/2024	9.27
5/7/2024	13.65
6/7/2024	11.11
7/7/2024	10.38
8/7/2024	11.69
9/7/2024	12.38
10/7/2024	14.03
11/7/2024	12.87
12/7/2024	14.25
13/7/2024	17.73
14/7/2024	16.07
15/7/2024	9.58
16/7/2024	8.72
17/7/2024	12.51
18/7/2024	14.23
19/7/2024	13.54
20/7/2024	16.53
21/7/2024	19.55
22/7/2024	25.43
23/7/2024	24.86
24/7/2024	17.04
25/7/2024	18.31
26/7/2024	14.32
27/7/2024	12.47
28/7/2024	9.30
29/7/2024	11.51
30/7/2024	13.62
31/7/2024	8.47

Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά στοιχεία του μήνα, στις 4 Ιουλίου παρουσιάστηκε ασθενής βροχόπτωση. Ενδεικτικά για τις 4/7 παρατηρείται πως, όλη την ημέρα οι συγκεντρώσεις παραμένουν χαμηλές και, το διάστημα εμφάνισης βροχής (13:00-20:00) ο μέσος όρος σωματιδίων είναι $10.32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ενώ το διάστημα 20:01-23:59 ο μέσος όρος σωματιδίων είναι $15.68 \mu\text{g}/\text{m}^3$, συμπεραίνοντας πως με το πέρας της βροχόπτωσης οι συγκεντρώσεις σωματιδίων πήραν την ανιούσα. Οι ισχυρότεροι άνεμοι, κατά μέσο όρο, έπνευσαν στις 9, 10 και 19 Ιουλίου, της τάξης των 30 km/h, ενώ οι ασθενέστεροι στις 4 και 22 Ιουλίου, συγκριτικά.



Διάγραμμα 4.10 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Ιουλίου 2024

4.2.2.3 Αύγουστος 2024

Για την περίοδο του Αυγούστου 2024 ο μηνιαίος μέσος όρος ανήλθε σε **$16.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$** .

Ο ημερήσιος μέγιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 30 Αυγούστου, ενώ ο ημερήσιος ελάχιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 2 Αυγούστου.

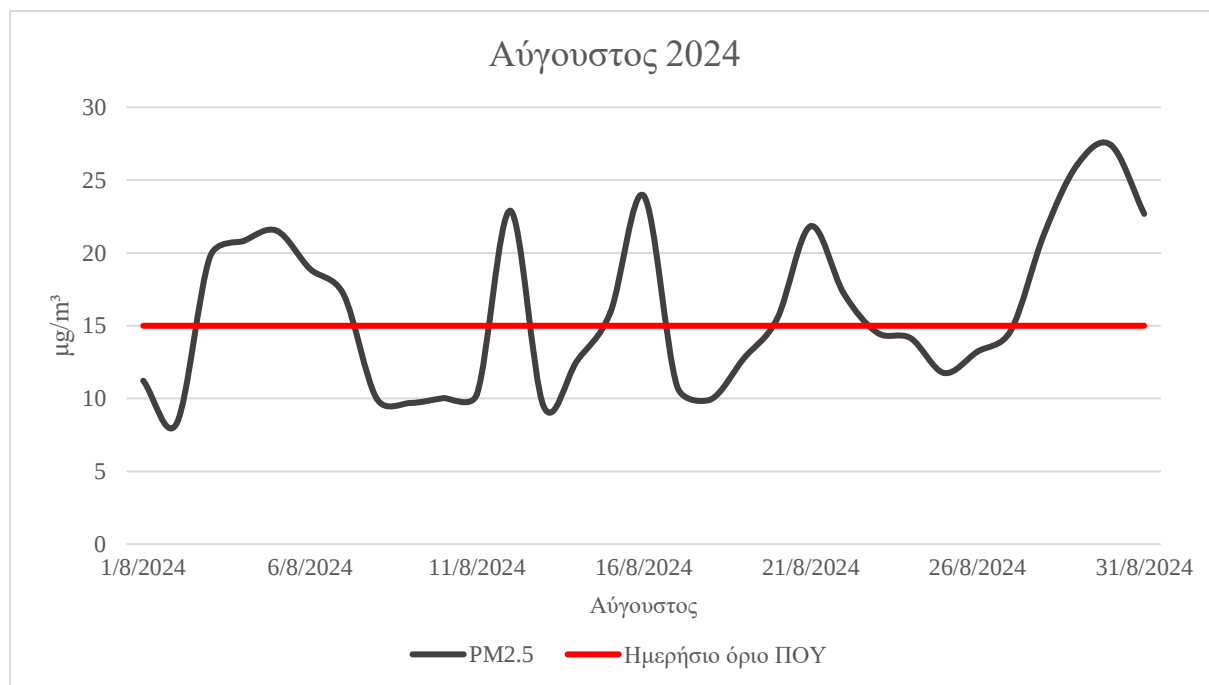
Πίνακας 4.18 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Αυγούστου 2024

Ημερομηνία	Τιμή PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)
12/8/2024 16:34	114	31.74	20.34
2/8/2024 10:33	3.56	35.63	14.56

Πίνακας 4.19 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Αυγούστου 2024

Ημερομηνία	Μέσος όρος PM_{2.5} (μg/m³)
1/8/2024	11.23
2/8/2024	8.29
3/8/2024	19.74
4/8/2024	20.82
5/8/2024	21.53
6/8/2024	18.90
7/8/2024	17.17
8/8/2024	9.99
9/8/2024	9.70
10/8/2024	10.03
11/8/2024	10.30
12/8/2024	22.90
13/8/2024	9.47
14/8/2024	12.59
15/8/2024	15.91
16/8/2024	23.93
17/8/2024	10.84
18/8/2024	9.93
19/8/2024	12.76
20/8/2024	15.49
21/8/2024	21.83
22/8/2024	17.20
23/8/2024	14.52
24/8/2024	14.15
25/8/2024	11.76
26/8/2024	13.22
27/8/2024	14.66
28/8/2024	21.30
29/8/2024	26.08
30/8/2024	27.41
31/8/2024	22.68

Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά στοιχεία του μήνα, στις 21, 30 και 31 παρουσιάστηκαν βροχοπτώσεις. Οι ισχυρότεροι άνεμοι, κατά μέσο όρο, έπνευσαν στις 11 και 12 Αυγούστου, της τάξης των 28 km/h, ενώ οι ασθενέστεροι στις 21, 29 και 30 Αυγούστου, συγκριτικά.



Διάγραμμα 4.11 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Αυγούστου 2024

4.2.2.4 Σεπτέμβριος 2024

Για την περίοδο του Σεπτεμβρίου 2024 ο μηνιαίος μέσος όρος ανήλθε σε **15.91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

Ο ημερήσιος μέγιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 25 Σεπτεμβρίου, ενώ ο ημερήσιος ελάχιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 15 Σεπτεμβρίου.

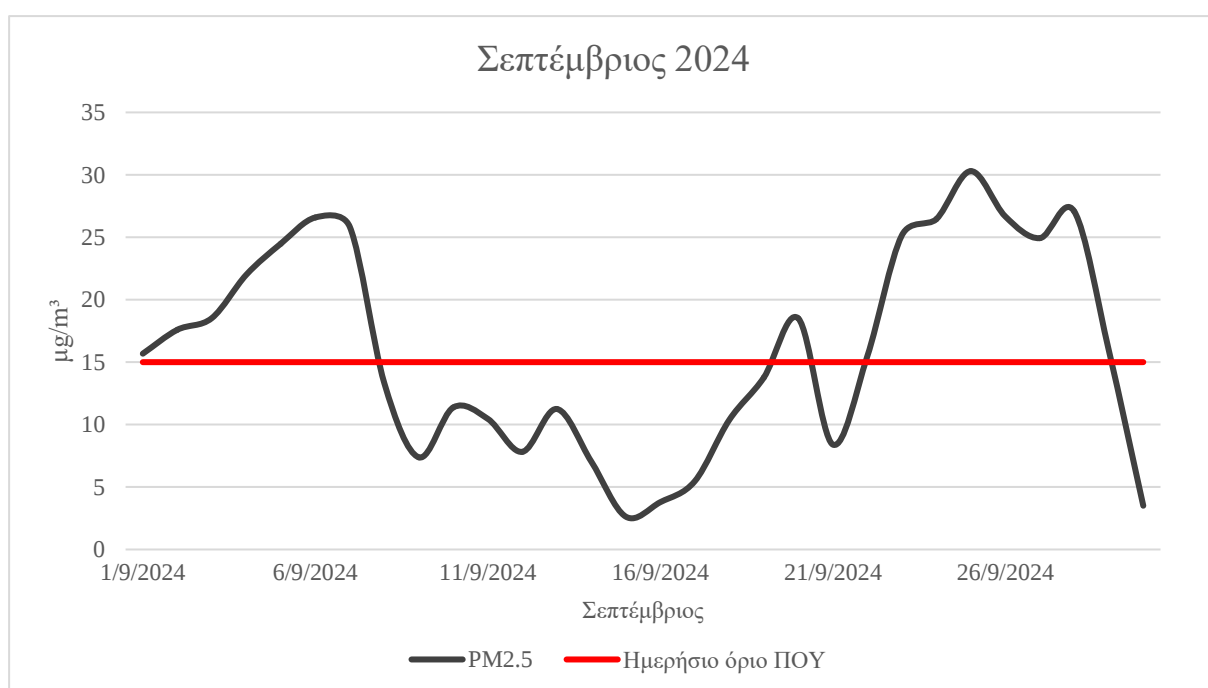
Πίνακας 4.20 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Σεπτεμβρίου 2024

Ημερομηνία	Τιμή PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)
7/9/2024 16:24	51.72	31.15	33.56
15/9/2024 09:33	0	43.68	11.07

Πίνακας 4.21 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Σεπτεμβρίου 2024

Ημερομηνία	Μέσος όρος PM_{2.5} (μg/m³)
1/9/2024	15.68
2/9/2024	17.59
3/9/2024	18.53
4/9/2024	22.00
5/9/2024	24.49
6/9/2024	26.59
7/9/2024	25.83
8/9/2024	13.32
9/9/2024	7.38
10/9/2024	11.37
11/9/2024	10.46
12/9/2024	7.82
13/9/2024	11.25
14/9/2024	7.04
15/9/2024	2.63
16/9/2024	3.79
17/9/2024	5.46
18/9/2024	10.37
19/9/2024	13.76
20/9/2024	18.50
21/9/2024	8.40
22/9/2024	15.46
23/9/2024	25.14
24/9/2024	26.45
25/9/2024	30.30
26/9/2024	26.67
27/9/2024	24.93
28/9/2024	27.07
29/9/2024	15.97
30/9/2024	3.50

Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά στοιχεία του μήνα, στις 10 και 19 Σεπτεμβρίου παρουσιάστηκε βροχόπτωση. Ενδεικτικά για τις 10/9, που ήταν μια γενικά βροχερή ημέρα, φαίνεται πως το διάστημα διακοπτόμενης βροχόπτωσης 03:30-20:00 η συγκέντρωση σωματιδίων είναι $10.46 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ενώ το διάστημα 20:01-23:59, που η βροχόπτωση έχει λήξει, ο μέσος όρος συγκέντρωσης σωματιδίων ανέρχεται σε $18.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ δείχνοντας έτσι το γεγονός πως κατά τη διάρκεια της βροχόπτωσης η ατμόσφαιρα παραμένει σχετικά καθαρή ενώ με το πέρας αυτής επανέρχονται οι αυξημένες τιμές. Οι ισχυρότεροι άνεμοι, κατά μέσο όρο, έπνευσαν στις 21 Σεπτεμβρίου, της τάξης των 24 km/h , ενώ οι ασθενέστεροι στις 17 Σεπτεμβρίου, συγκριτικά.



Διάγραμμα 4.12 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Σεπτεμβρίου 2024

4.2.2.5 Οκτώβριος 2024

Για την περίοδο του Οκτωβρίου 2024 ο μέσος όρος ανήλθε σε $12.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ο ημερήσιος μέγιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 11 Οκτωβρίου, ενώ ο ημερήσιος ελάχιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 19 Οκτωβρίου.

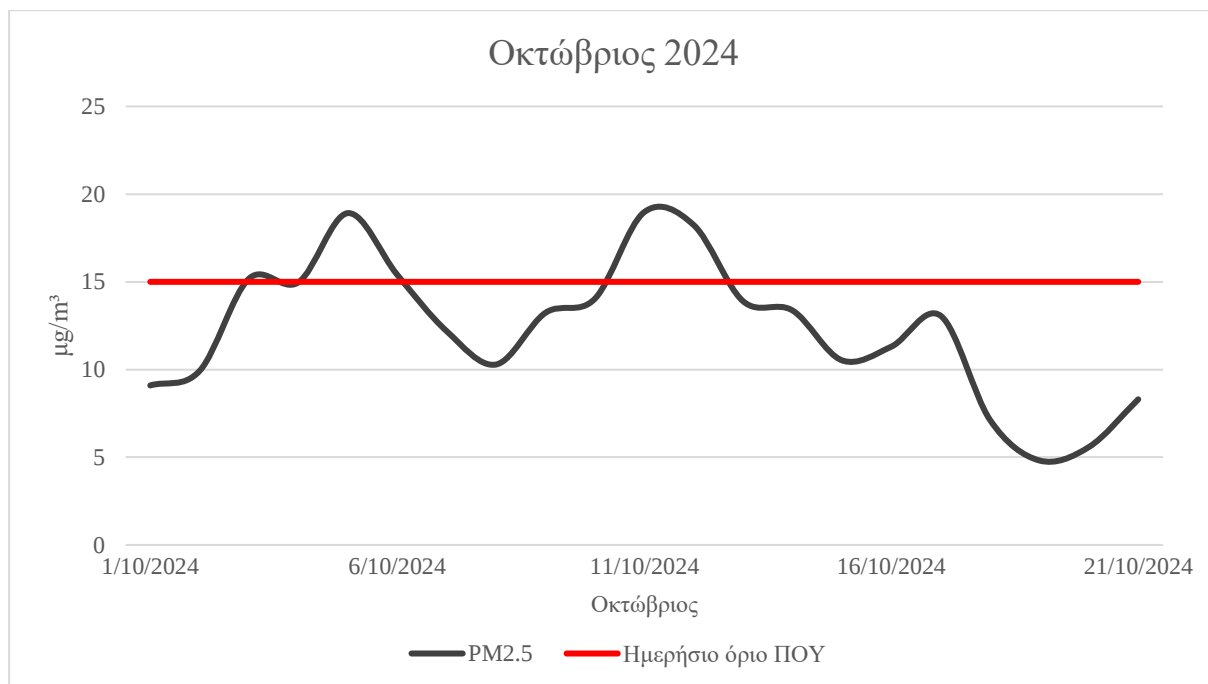
Πίνακας 4.22 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Οκτωβρίου 2024

Ημερομηνία	Τιμή PM _{2.5} (μg/m ³)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)
13/10/2024 14:07	76.72	25.05	38.27
20/10/2024 05:53	1.22	16.03	44.18

Πίνακας 4.23 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Οκτωβρίου 2024

Ημερομηνία	Μέσος όρος PM _{2.5} (μg/m ³)
1/10/2024	9.09
2/10/2024	9.92
3/10/2024	15.19
4/10/2024	14.97
5/10/2024	18.92
6/10/2024	15.40
7/10/2024	12.19
8/10/2024	10.29
9/10/2024	13.24
10/10/2024	14.04
11/10/2024	18.97
12/10/2024	18.24
13/10/2024	13.90
14/10/2024	13.37
15/10/2024	10.53
16/10/2024	11.30
17/10/2024	13.06
18/10/2024	7.12
19/10/2024	4.81
20/10/2024	5.58
21/10/2024	8.30

Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά στοιχεία του μήνα, στις 5 Οκτωβρίου παρουσιάστηκε βροχόπτωση. Οι ισχυρότεροι άνεμοι, κατά μέσο όρο, έπνευσαν στις 17 Οκτωβρίου, της τάξης των 30 km/h, ενώ οι ασθενέστεροι στις 2 και 10 Οκτωβρίου, συγκριτικά.



Διάγραμμα 4.13 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Οκτωβρίου 2024

4.3 Μετρητής Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου

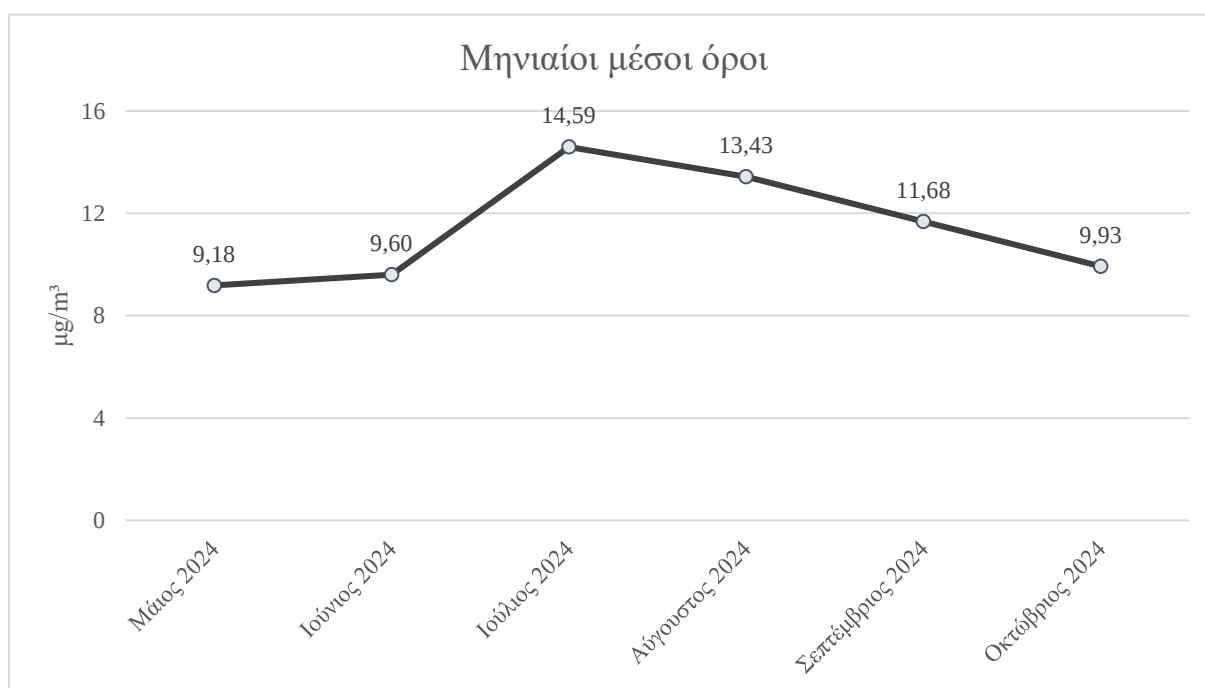
Ο μετρητής της Α' Βιομηχανικής Περιοχής Βόλου συνέλεξε δεδομένα από 13 Μαΐου ως 22 Οκτωβρίου 2024. Παρατηρούμε πως, ο Ιούλιος ήταν ο μήνας με την εντονότερη παρουσία σωματιδίων εν αντιθέσει με τον Μάιο που ήταν αυτός με την ασθενέστερη παρουσία, συγκριτικά.

Ο μέσος όρος της περιόδου μετρήσεων, από 13/5/2024 ως 22/10/2024, αιωρούμενων σωματιδίων PM_{2.5} ήταν **11.39 μg/m³**. Ο μέγιστος ημερήσιος μέσος όρος παρατηρήθηκε στις 29/8/2024, με τιμή 24.47 μg/m³, ενώ ο ελάχιστος στις 15/9/2024, με τιμή 0.28 μg/m³.

4.3.1 Μηνιαίοι μέσοι όροι

Πίνακας 4.24 - Σύνοψη μέσων όρων Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου

Μήνας	Μέσος όρος ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Μέγιστος ημερήσιος μέσος όρος ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ελάχιστος ημερήσιος μέσος όρος ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Τυπική απόκλιση ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Μάιος 2024	9.18	18.27	3.35	3.80
Ιούνιος 2024	9.60	15.90	4.42	3.25
Ιούλιος 2024	14.59	22.57	5.48	4.69
Αύγουστος 2024	13.43	24.47	6.53	4.39
Σεπτέμβριος 2024	11.68	22.31	0.28	7.05
Οκτώβριος 2024	9.93	19.16	4.58	4.00



Διάγραμμα 4.14 - Μηνιαίοι μέσοι όροι Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου

4.3.2 Ημερήσιοι μέσοι όροι

4.3.2.1 Μάιος 2024

Για την περίοδο του Μαΐου 2024 ο μέσος όρος ανήλθε σε **9.18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

Ο ημερήσιος μέγιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 18 Μαΐου, ενώ ο ημερήσιος ελάχιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 23 Μαΐου.

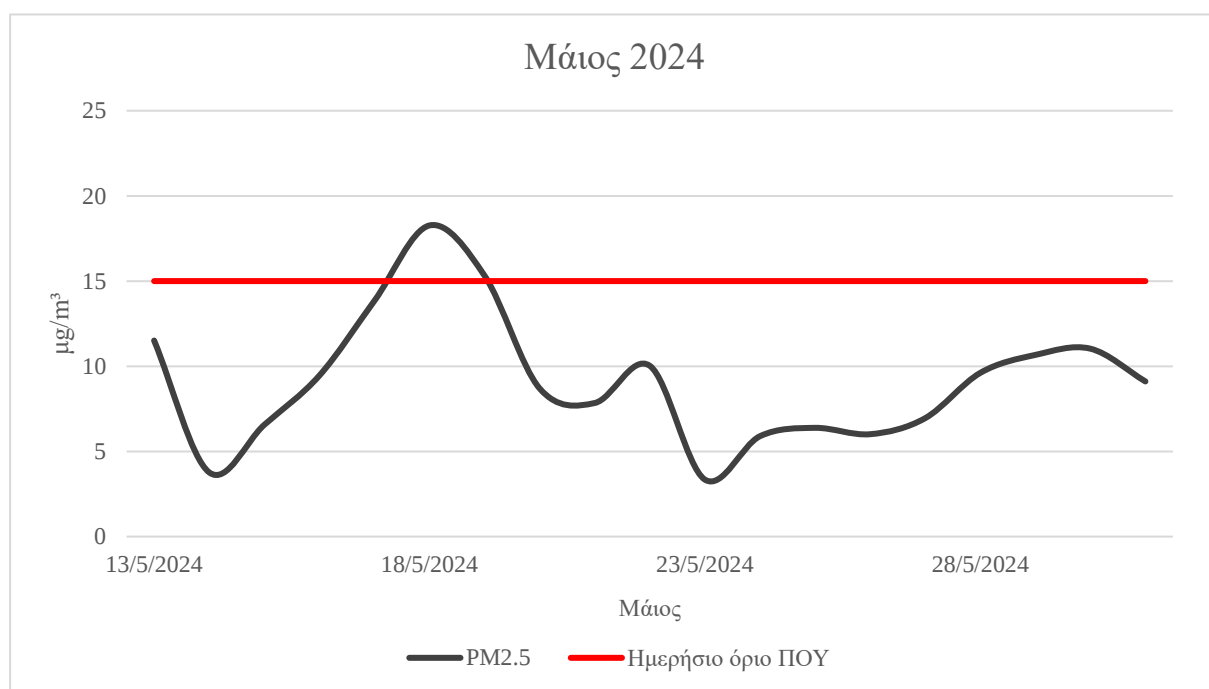
Πίνακας 4.25 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Μαΐου 2024

Ημερομηνία	Τιμή PM _{2.5} (μg/m ³)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)
13/5/2024 05:10	60.11	14.48	61.43
23/5/2024 18:47	0.72	27.56	20.43

Πίνακας 4.26 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Μαΐου 2024

Ημερομηνία	Μέσος όρος PM _{2.5} (μg/m ³)
13/5/2024	11.51
14/5/2024	3.77
15/5/2024	6.56
16/5/2024	9.45
17/5/2024	13.84
18/5/2024	18.27
19/5/2024	15.32
20/5/2024	8.70
21/5/2024	7.84
22/5/2024	10.03
23/5/2024	3.35
24/5/2024	5.89
25/5/2024	6.39
26/5/2024	6.01
27/5/2024	6.95
28/5/2024	9.61
29/5/2024	10.67
30/5/2024	11.03
31/5/2024	9.11

Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά στοιχεία του μήνα, στις 14, 15 και 16 Μαΐου παρουσιάστηκε συνεχής βροχόπτωση, καθώς και στις 29 Μαΐου. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.26, το τριήμερο των βροχών οι συγκεντρώσεις παρέμειναν σταθερά χαμηλότερες συγκριτικά με τις ημέρες πριν και μετά της εμφάνισής τους. Οι ισχυρότεροι άνεμοι, κατά μέσο όρο, έπνευσαν στις 16 Μαΐου, της τάξης των 15 km/h, ενώ οι ασθενέστεροι στις 24 Μαΐου, συγκριτικά.



Διάγραμμα 4.15 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Μαΐου 2024

4.3.2.2 Ιούνιος 2024

Για την περίοδο του Ιουνίου 2024 ο μηνιαίος μέσος όρος ανήλθε σε **9.60 µg/m³**.

Ο ημερήσιος μέγιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 20 Ιουνίου, ενώ ο ημερήσιος ελάχιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 5 Ιουνίου.

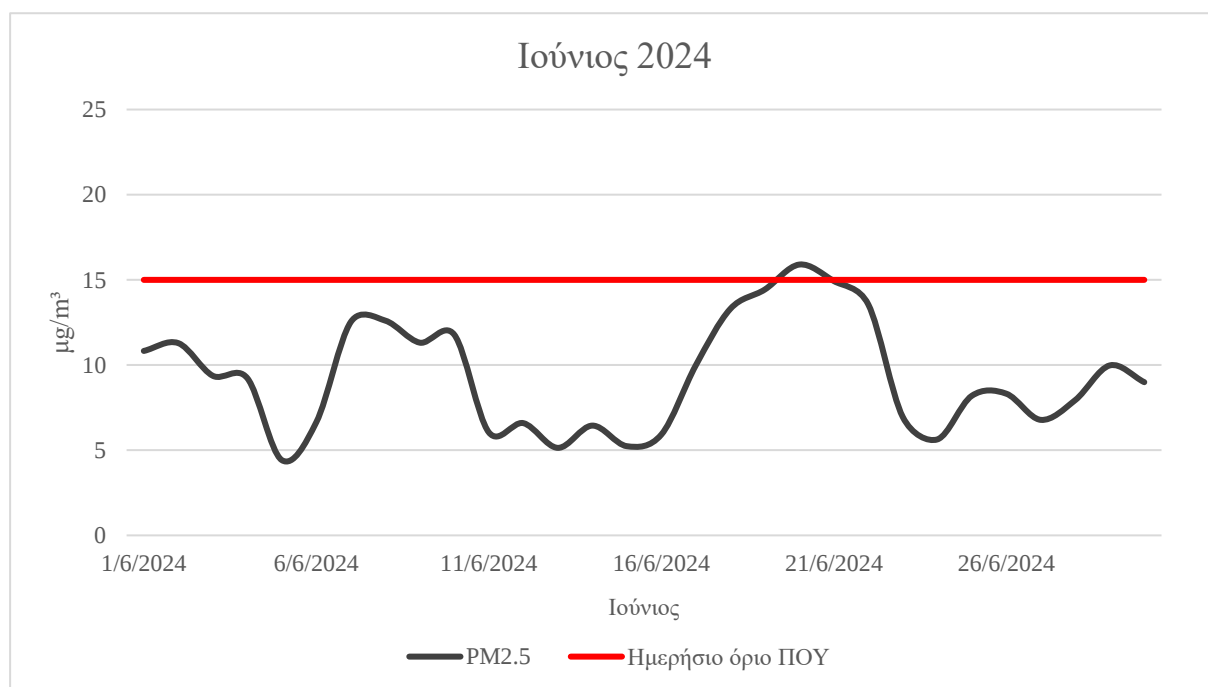
Πίνακας 4.27 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Ιουνίου 2024

Ημερομηνία	Τιμή PM _{2.5} (µg/m ³)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)
29/6/2024 06:15	33.94	21.14	56.12
11/6/2024 19:44	1.83	37.50	13.67

Πίνακας 4.28 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Ιουνίου 2024

Ημερομηνία	Μέσος όρος PM_{2.5} (μg/m³)
1/6/2024	10.83
2/6/2024	11.29
3/6/2024	9.37
4/6/2024	9.23
5/6/2024	4.42
6/6/2024	6.64
7/6/2024	12.53
8/6/2024	12.61
9/6/2024	11.31
10/6/2024	11.78
11/6/2024	6.05
12/6/2024	6.59
13/6/2024	5.14
14/6/2024	6.45
15/6/2024	5.24
16/6/2024	5.92
17/6/2024	9.98
18/6/2024	13.30
19/6/2024	14.43
20/6/2024	15.90
21/6/2024	14.93
22/6/2024	13.56
23/6/2024	6.95
24/6/2024	5.63
25/6/2024	8.19
26/6/2024	8.32
27/6/2024	6.78
28/6/2024	7.94
29/6/2024	9.98
30/6/2024	9.00

Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά στοιχεία του μήνα, στις 3 και 5 Ιουνίου παρουσιάστηκε βροχόπτωση, με λίγη νεφοκάλυψη κατά τη διάρκεια του μήνα. Οι ισχυρότεροι άνεμοι, κατά μέσο όρο, έπνευσαν στις 14 και 29 Ιουνίου, της τάξης των 15 km/h, ενώ οι ασθενέστεροι στις 17, 20 και 25 Ιουνίου, συγκριτικά.



Διάγραμμα 4.16 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Ιουνίου 2024

4.3.2.3 Ιούλιος 2024

Για την περίοδο του Ιουλίου 2024 ο μηνιαίος μέσος όρος ανήλθε σε **14.59 µg/m³**.

Ο ημερήσιος μέγιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 14 Ιουλίου, ενώ ο ημερήσιος ελάχιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 3 Ιουλίου.

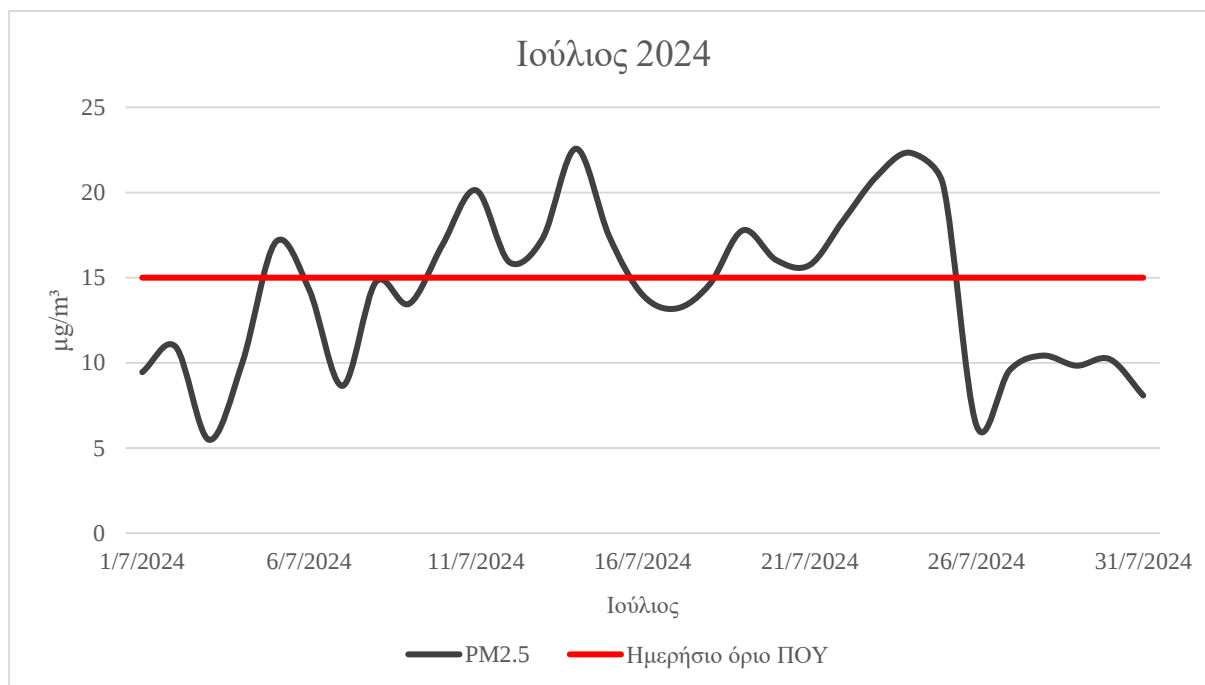
Πίνακας 4.29 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Ιουλίου 2024

Ημερομηνία	Τιμή PM _{2.5} (µg/m³)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)
10/7/2024 07:31	65.72	27.28	38.05
3/7/2024 10:23	2.33	26.41	36.37

Πίνακας 4.30 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Ιουλίου 2024

Ημερομηνία	Μέσος όρος PM_{2.5} (μg/m³)
1/7/2024	9.45
2/7/2024	10.95
3/7/2024	5.48
4/7/2024	10.00
5/7/2024	17.09
6/7/2024	14.31
7/7/2024	8.65
8/7/2024	14.74
9/7/2024	13.47
10/7/2024	16.93
11/7/2024	20.13
12/7/2024	15.91
13/7/2024	17.31
14/7/2024	22.57
15/7/2024	17.40
16/7/2024	13.98
17/7/2024	13.19
18/7/2024	14.60
19/7/2024	17.78
20/7/2024	16.03
21/7/2024	15.74
22/7/2024	18.33
23/7/2024	20.92
24/7/2024	22.34
25/7/2024	20.48
26/7/2024	6.34
27/7/2024	9.57
28/7/2024	10.43
29/7/2024	9.83
30/7/2024	10.21
31/7/2024	8.08

Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά στοιχεία του μήνα, στις 4, 23 και 24 Ιουλίου παρουσιάστηκαν βροχοπτώσεις. Οι ισχυρότεροι άνεμοι, κατά μέσο όρο, έπνευσαν στις 9, 10, 17 και 25 Ιουλίου, της τάξης των 12 km/h, ενώ οι ασθενέστεροι στις 12, 13, 22 και 26 Ιουλίου, συγκριτικά.



Διάγραμμα 4.17 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Ιουλίου 2024

4.3.2.4 Αύγουστος 2024

Για την περίοδο του Αυγούστου 2024 ο μηνιαίος μέσος όρος ανήλθε σε **13.43 μg/m³**.

Ο ημερήσιος μέγιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 29 Αυγούστου, ενώ ο ημερήσιος ελάχιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 2 Αυγούστου.

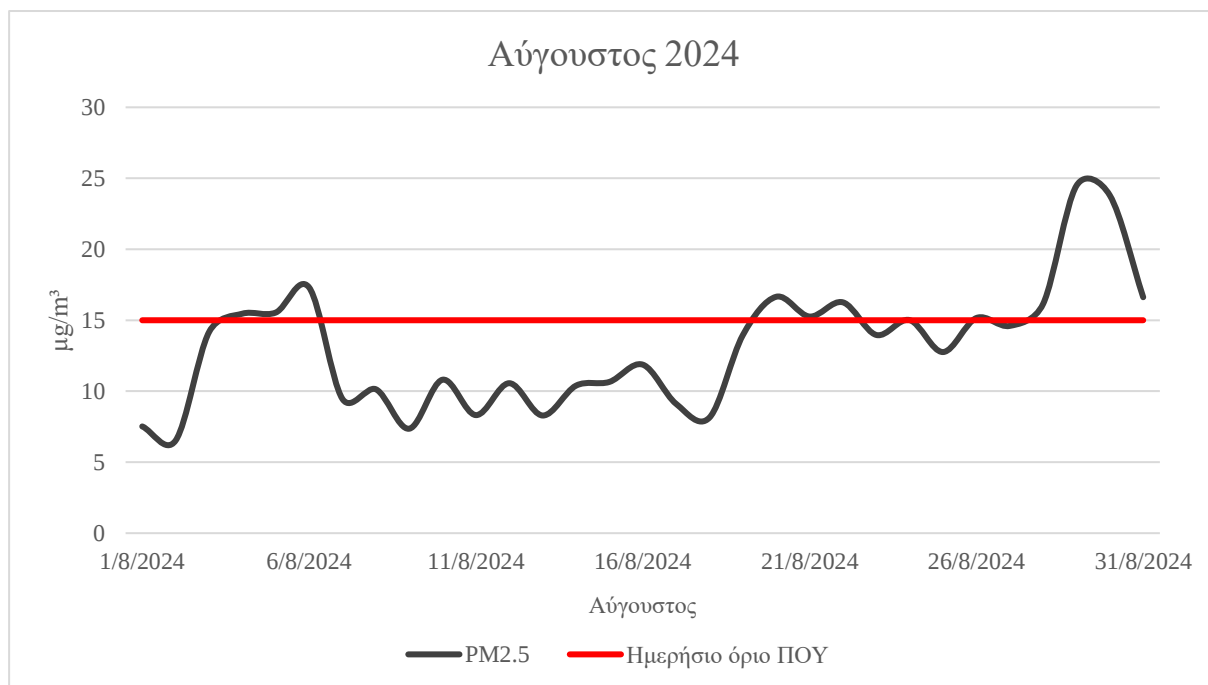
Πίνακας 4.31 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Αυγούστου 2024

Ημερομηνία	Τιμή PM _{2.5} (μg/m³)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)
29/8/2024 07:45	32.89	21.41	62.76
20/8/2024 22:08	3.89	17.42	90.34

Πίνακας 4.32 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Αυγούστου 2024

Ημερομηνία	Μέσος όρος PM_{2.5} (μg/m³)
1/8/2024	7.52
2/8/2024	6.53
3/8/2024	14.16
4/8/2024	15.46
5/8/2024	15.54
6/8/2024	17.31
7/8/2024	9.46
8/8/2024	10.14
9/8/2024	7.36
10/8/2024	10.81
11/8/2024	8.32
12/8/2024	10.57
13/8/2024	8.29
14/8/2024	10.39
15/8/2024	10.66
16/8/2024	11.87
17/8/2024	9.11
18/8/2024	8.14
19/8/2024	13.95
20/8/2024	16.65
21/8/2024	15.26
22/8/2024	16.26
23/8/2024	13.96
24/8/2024	15.01
25/8/2024	12.76
26/8/2024	15.16
27/8/2024	14.60
28/8/2024	16.15
29/8/2024	24.47
30/8/2024	23.80
31/8/2024	16.62

Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά στοιχεία του μήνα, στις 4, 18, 19, 20, 30 και 31 Αυγούστου παρουσιάστηκαν βροχοπτώσεις. Οι ισχυρότεροι άνεμοι, κατά μέσο όρο, έπνευσαν στις 14 και 22 Αυγούστου, της τάξης των 12 km/h, ενώ οι ασθενέστεροι στις 31 Αυγούστου, συγκριτικά.



Διάγραμμα 4.18 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Αυγούστου 2024

4.3.2.5 Σεπτέμβριος 2024

Για την περίοδο του Σεπτεμβρίου 2024 ο μηνιαίος μέσος όρος ανήλθε σε **11.68 μg/m³**.

Ο ημερήσιος μέγιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 25 Σεπτεμβρίου, ενώ ο ημερήσιος ελάχιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 15 Σεπτεμβρίου.

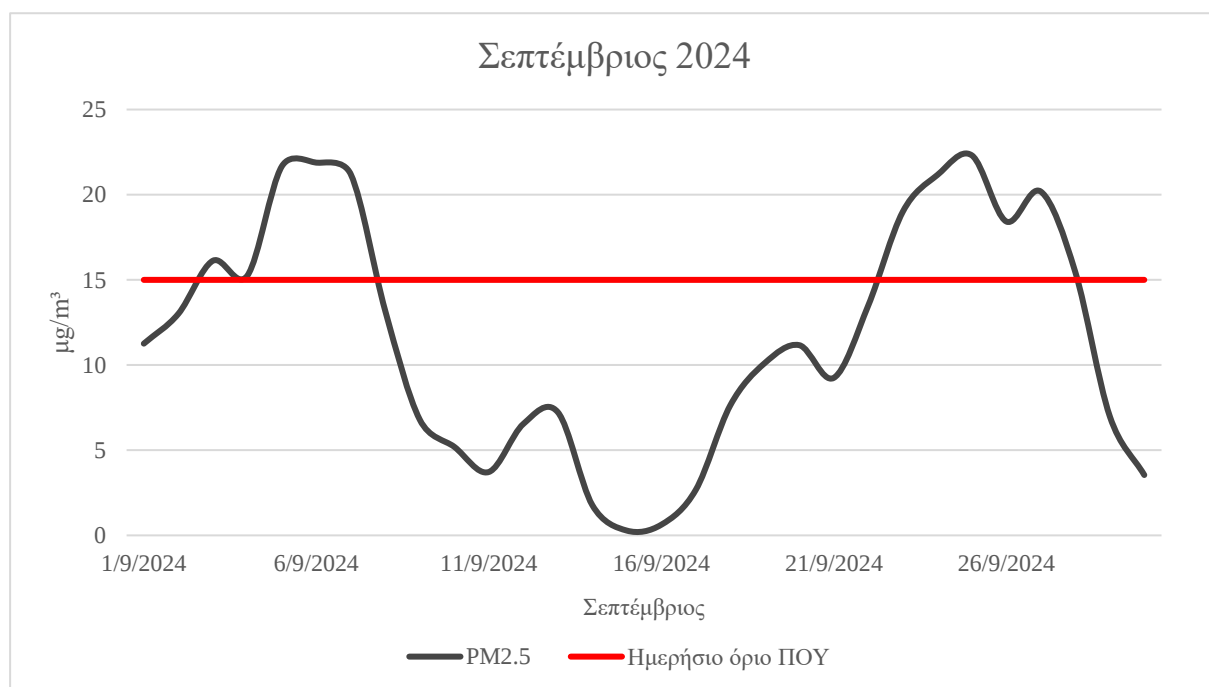
Πίνακας 4.33 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Σεπτεμβρίου 2024

Ημερομηνία	Τιμή PM _{2.5} (μg/m ³)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)
27/9/2024 08:01	37.28	18.10	70.09
10/9/2024 22:18	0	17.46	74.21
14/9/2024 21:04		22.11	31.38
15/9/2024 12:39		22.31	25.56
16/9/2024 15:54		25.30	27.82

Πίνακας 4.34 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Σεπτεμβρίου 2024

Ημερομηνία	Μέσος όρος PM_{2.5} (μg/m³)
1/9/2024	11.26
2/9/2024	13.01
3/9/2024	16.12
4/9/2024	15.24
5/9/2024	21.66
6/9/2024	21.88
7/9/2024	21.20
8/9/2024	13.17
9/9/2024	6.79
10/9/2024	5.20
11/9/2024	3.72
12/9/2024	6.54
13/9/2024	7.23
14/9/2024	1.78
15/9/2024	0.28
16/9/2024	0.63
17/9/2024	2.67
18/9/2024	7.64
19/9/2024	10.12
20/9/2024	11.17
21/9/2024	9.25
22/9/2024	13.50
23/9/2024	19.00
24/9/2024	21.15
25/9/2024	22.31
26/9/2024	18.43
27/9/2024	20.18
28/9/2024	15.47
29/9/2024	7.00
30/9/2024	3.54

Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά στοιχεία του μήνα, στις 1, 7, 10, 17, 18, 19 και 21 Σεπτεμβρίου παρουσιάστηκαν βροχοπτώσεις. Οι ισχυρότεροι άνεμοι, κατά μέσο όρο, έπνευσαν στις 14 και 30 Σεπτεμβρίου, της τάξης των 22 km/h, ενώ οι ασθενέστεροι στις 4 και 27 Σεπτεμβρίου, συγκριτικά.



Διάγραμμα 4.19 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Σεπτεμβρίου 2024

4.3.2.6 Οκτώβριος 2024

Για την περίοδο του Οκτωβρίου 2024 ο μέσος όρος ανήλθε σε **9.93 µg/m³**.

Ο ημερήσιος μέγιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 22 Οκτωβρίου, ενώ ο ημερήσιος ελάχιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 8 Οκτωβρίου.

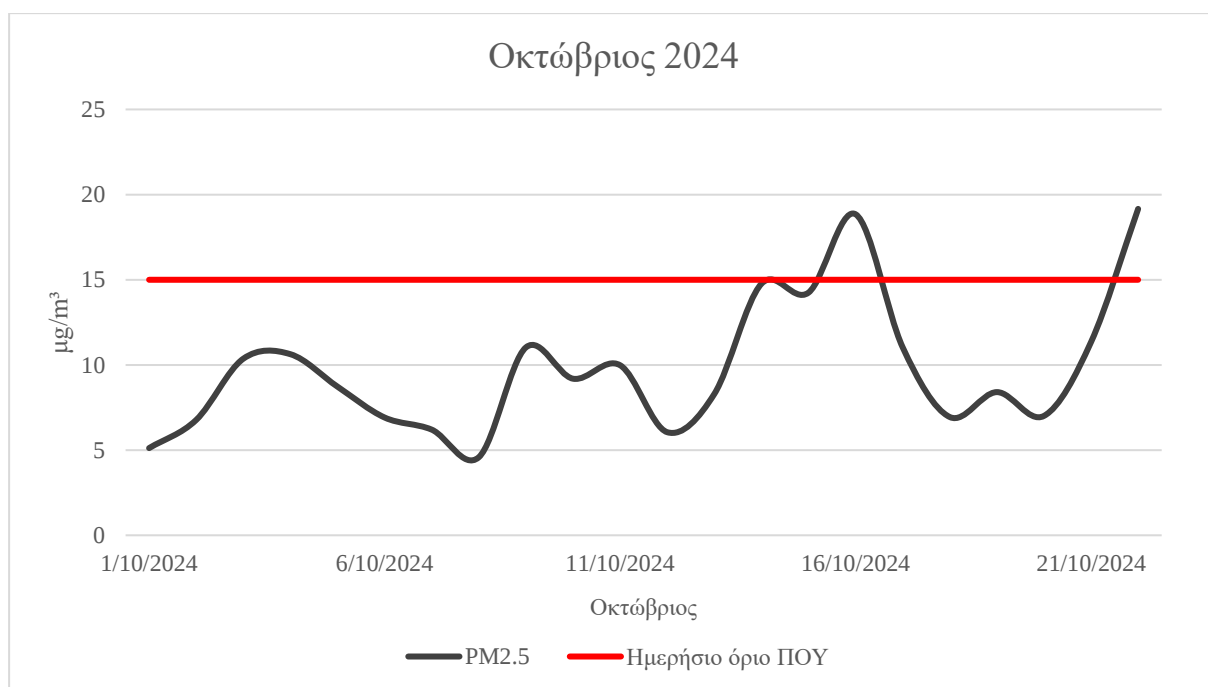
Πίνακας 4.35 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Οκτωβρίου 2024

Ημερομηνία	Τιμή PM _{2.5} (µg/m³)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)
5/10/2024 10:18	43.22	18.99	73.74
7/10/2024 16:18	0.28	24.81	26.44

Πίνακας 4.36 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Οκτωβρίου 2024

Ημερομηνία	Μέσος όρος PM_{2.5} (μg/m³)
1/10/2024	5.12
2/10/2024	6.77
3/10/2024	10.37
4/10/2024	10.63
5/10/2024	8.72
6/10/2024	6.91
7/10/2024	6.20
8/10/2024	4.58
9/10/2024	11.03
10/10/2024	9.19
11/10/2024	9.98
12/10/2024	6.05
13/10/2024	8.29
14/10/2024	14.76
15/10/2024	14.24
16/10/2024	18.85
17/10/2024	11.04
18/10/2024	6.94
19/10/2024	8.41
20/10/2024	7.01
21/10/2024	11.35
22/10/2024	19.16

Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά στοιχεία του μήνα, στις 5 Οκτωβρίου παρουσιάστηκε βροχόπτωση. Οι ισχυρότεροι άνεμοι, κατά μέσο όρο, έπνευσαν στις 17 Οκτωβρίου, της τάξης των 18 km/h, ενώ οι ασθενέστεροι στις 14 Οκτωβρίου, συγκριτικά.



Διάγραμμα 4.20 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Οκτωβρίου 2024

4.4 Μετρητής Λάρισας

Ο μετρητής της Λάρισας συνέλεξε δεδομένα από 13 Μαΐου ως 31 Μαΐου 2024 και από 7 Σεπτεμβρίου ως 22 Οκτωβρίου 2024.

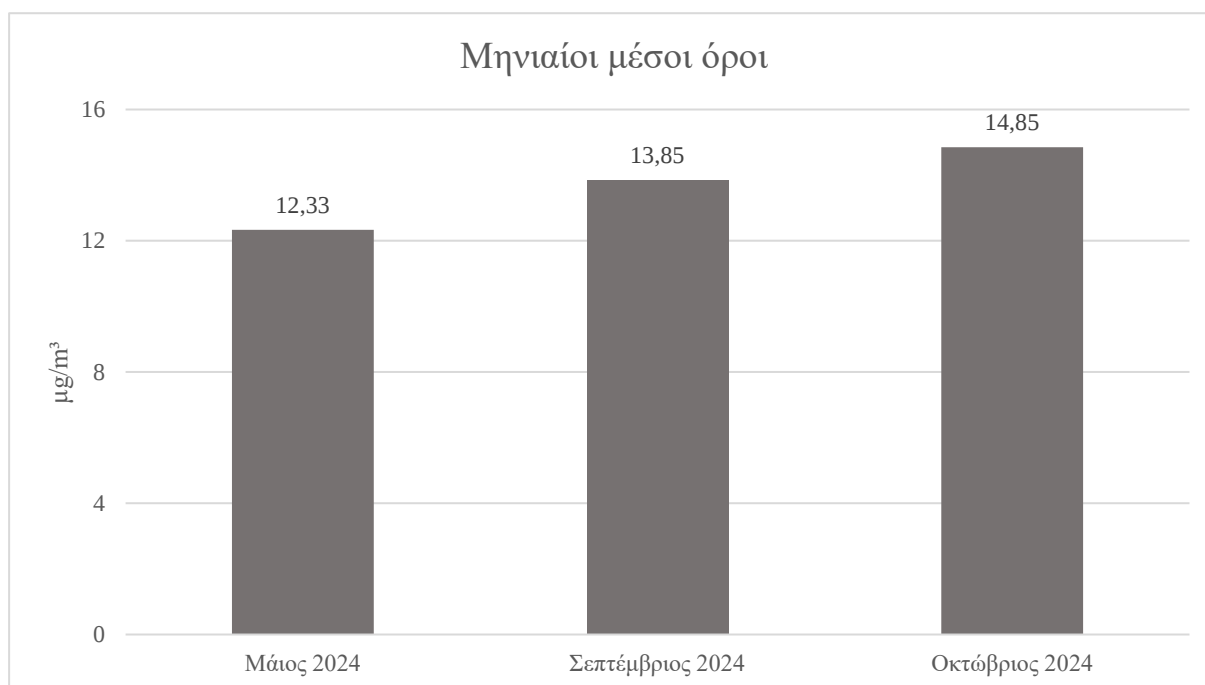
Παρατηρείται πως, ο Οκτώβριος ήταν ο μήνας με την εντονότερη παρουσία σωματιδίων εν αντιθέσει με τον Μάιο που ήταν αυτός με την ασθενέστερη παρουσία, συγκριτικά.

Ο μέσος όρος της περιόδου μετρήσεων αιωρούμενων σωματιδίων PM_{2.5} ήταν **13.74 μg/m³**. Ο μέγιστος μέσος όρος παρατηρήθηκε στις 22/10/2024, με τιμή 25.36 μg/m³, ενώ ο ελάχιστος στις 15/9/2024, με τιμή 1.55 μg/m³.

4.4.1 Μηνιαίοι μέσοι όροι

Πίνακας 4.37 - Σύνοψη μέσων όρων Λάρισας

Μήνας	Μέσος όρος ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Μέγιστος ημερήσιος μέσος όρος ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ελάχιστος ημερήσιος μέσος όρος ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Τυπική απόκλιση ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Μάιος 2024	12.33	24.85	4.90	4.94
Σεπτέμβριος 2024	13.86	24.70	1.55	7.42
Οκτώβριος 2024	14.85	25.36	7.71	4.66



Διάγραμμα 4.21 - Μηνιαίοι μέσοι όροι Λάρισας

4.4.2 Ημερήσιοι μέσοι όροι

4.4.2.1 Μάιος 2024

Για την περίοδο του Μαΐου 2024 ο μέσος όρος ανήλθε σε **12.33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

Ο ημερήσιος μέγιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 18 Μαΐου, ενώ ο ημερήσιος ελάχιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 23 Μαΐου.

Πίνακας 4.38 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Μαΐου 2024

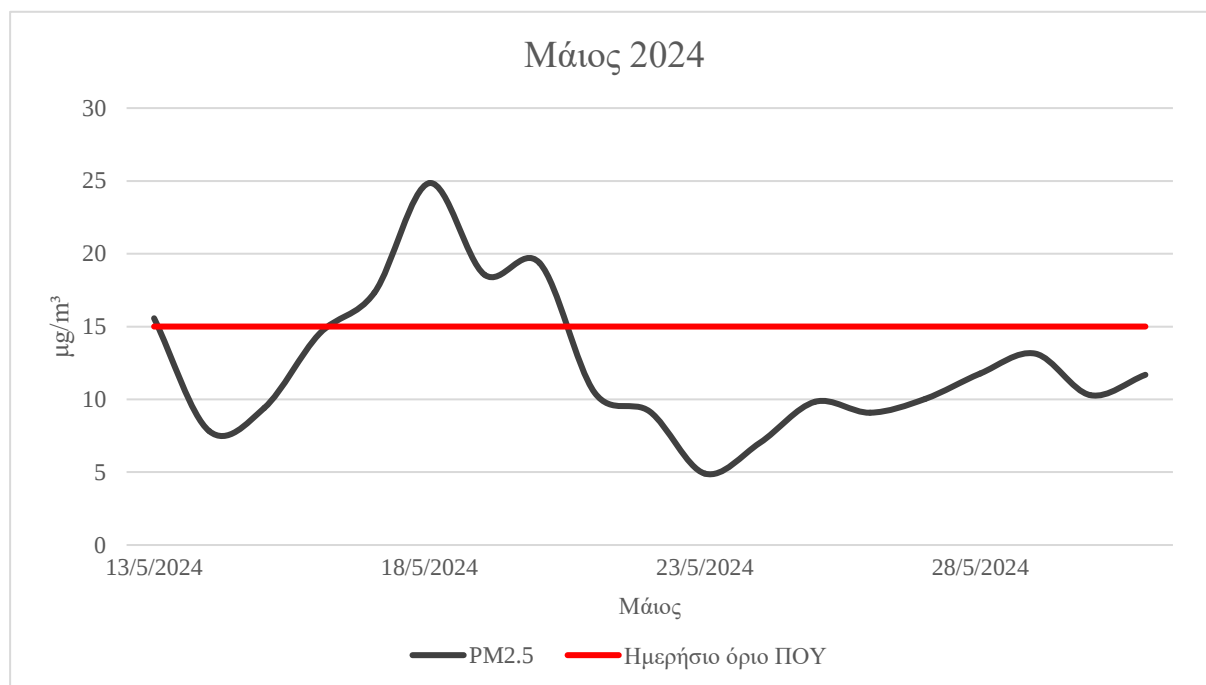
Ημερομηνία	Τιμή PM _{2.5} (μg/m ³)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)
18/5/2024 10:40	52.06	22.21	47.29
23/5/2024 17:34	0.39	29.71	14.58

Πίνακας 4.39 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Μαΐου 2024

Ημερομηνία	Μέσος όρος PM _{2.5} (μg/m ³)
13/5/2024	15.57
14/5/2024	7.83
15/5/2024	9.41
16/5/2024	14.50
17/5/2024	17.32
18/5/2024	24.85
19/5/2024	18.56
20/5/2024	19.36
21/5/2024	10.46
22/5/2024	9.16
23/5/2024	4.90
24/5/2024	7.02
25/5/2024	9.83
26/5/2024	9.08
27/5/2024	10.03
28/5/2024	11.77
29/5/2024	13.14
30/5/2024	10.29
31/5/2024	11.69

Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά στοιχεία του μήνα, στις 14, 16 και 28 Μαΐου εμφανίστηκε βροχόπτωση, ενώ νεφοκάλυψη υπήρχε ανά τακτά χρονικά διαστήματα μέσα στο μήνα. Ενδεικτικά στις 16/5, που εμφανίστηκε βροχόπτωση στις 08:50, φαίνεται πως οι συγκεντρώσεις στις 08:00 ήταν 19.83 μg/m³, στις 08:50 ήταν 13 μg/m³ ενώ στις 09:30 ήταν 28.06 μg/m³ καταδείχνοντας το γεγονός πως η βροχή απομάκρυνε τα σωματίδια από την

ατμόσφαιρα. Οι ισχυρότεροι άνεμοι, κατά μέσο όρο, έπνευσαν το διάστημα 14-16 Μαΐου, της τάξης των 12 km/h, ενώ κατά το υπόλοιπο διάστημα διατηρήθηκαν σταθεροί περί των 8 km/h.



Διάγραμμα 4.22 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Μαΐου 2024

4.4.2.2 Σεπτέμβριος 2024

Για την περίοδο του Σεπτεμβρίου 2024 ο μηνιαίος μέσος όρος ανήλθε σε **13.85 µg/m³**.

Ο ημερήσιος μέγιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 25 Σεπτεμβρίου, ενώ ο ημερήσιος ελάχιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 15 Σεπτεμβρίου.

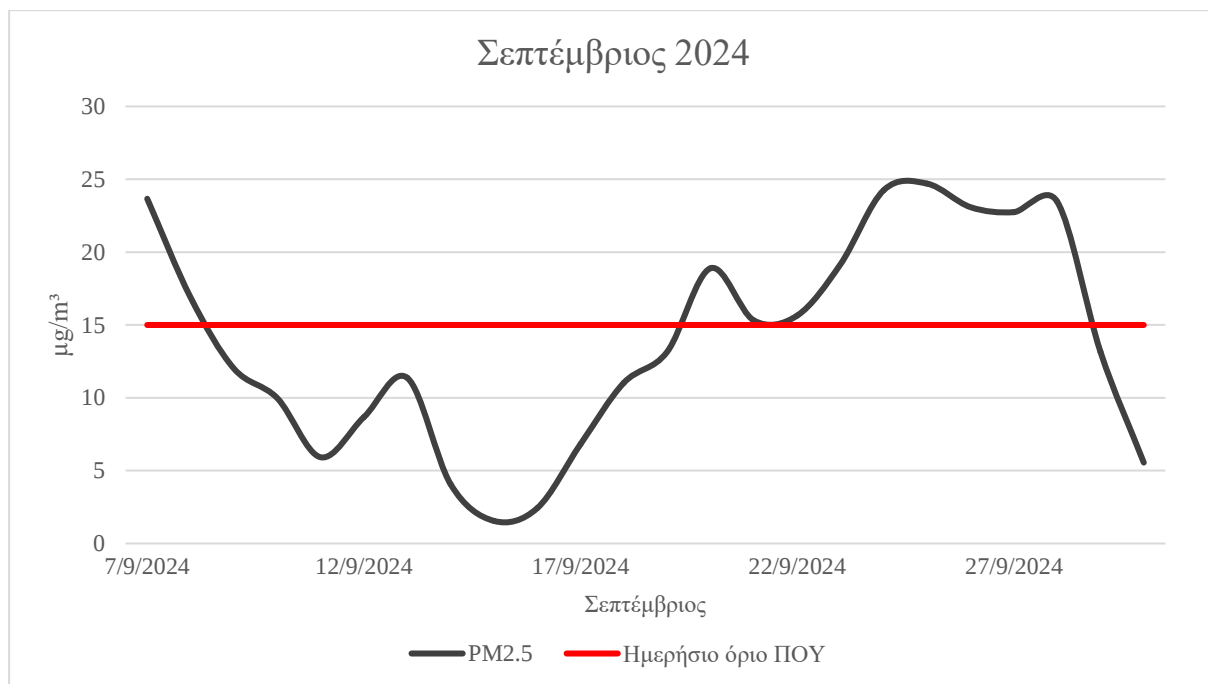
Πίνακας 4.40 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Σεπτεμβρίου 2024

Ημερομηνία	Τιμή PM _{2.5} (µg/m³)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)
25/9/2024 11:24	65.39	26.51	31.66
15/9/2024 15:39	0	26.61	21.59
16/9/2024 12:33		27.16	23.54

Πίνακας 4.41 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Σεπτεμβρίου 2024

Ημερομηνία	Μέσος όρος PM_{2.5} (μg/m³)
7/9/2024	23.66
8/9/2024	16.89
9/9/2024	12.01
10/9/2024	9.98
11/9/2024	5.92
12/9/2024	8.67
13/9/2024	11.37
14/9/2024	4.08
15/9/2024	1.55
16/9/2024	2.42
17/9/2024	6.82
18/9/2024	11.03
19/9/2024	13.15
20/9/2024	18.89
21/9/2024	15.31
22/9/2024	15.64
23/9/2024	19.17
24/9/2024	24.26
25/9/2024	24.70
26/9/2024	23.09
27/9/2024	22.74
28/9/2024	23.47
29/9/2024	13.16
30/9/2024	5.55

Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά στοιχεία του μήνα, στις 7, 10, 17, 18 και 19 Σεπτεμβρίου εμφανίστηκε βροχόπτωση. Οι ισχυρότεροι άνεμοι, κατά μέσο όρο, έπνευσαν το διάστημα 14 και 30 Σεπτεμβρίου, της τάξης των 20 km/h και 16 km/h αντίστοιχα.



Διάγραμμα 4.23 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Σεπτεμβρίου 2024

4.4.2.3 Οκτώβριος 2024

Για την περίοδο του Οκτωβρίου 2024 ο μέσος όρος ανήλθε σε **14.85 μg/m³**.

Ο ημερήσιος μέγιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 22 Οκτωβρίου, ενώ ο ημερήσιος ελάχιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 7 Οκτωβρίου.

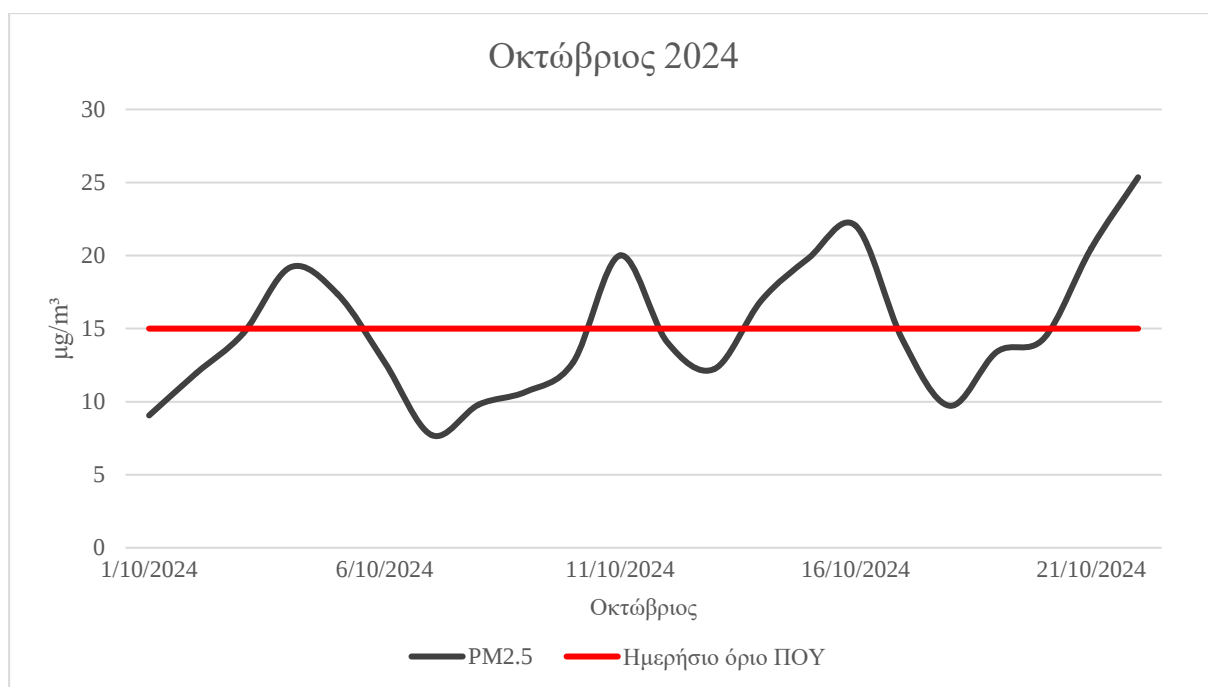
Πίνακας 4.42 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Οκτωβρίου 2024

Ημερομηνία	Τιμή PM _{2.5} (μg/m³)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)
11/10/2024 19:53	77	25.80	41.44
7/10/2024 16:24	1.56	27.02	22.54

Πίνακας 4.43 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Οκτωβρίου 2024

Ημερομηνία	Μέσος όρος PM _{2.5} (μg/m ³)
1/10/2024	9.06
2/10/2024	11.95
3/10/2024	14.68
4/10/2024	19.19
5/10/2024	17.37
6/10/2024	12.70
7/10/2024	7.71
8/10/2024	9.80
9/10/2024	10.68
10/10/2024	12.67
11/10/2024	20.01
12/10/2024	14.07
13/10/2024	12.23
14/10/2024	16.93
15/10/2024	19.81
16/10/2024	22.05
17/10/2024	14.22
18/10/2024	9.72
19/10/2024	13.41
20/10/2024	14.33
21/10/2024	20.47
22/10/2024	25.36

Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά στοιχεία του μήνα, στις 5 και 20 Οκτωβρίου εμφανίστηκε βροχόπτωση. Καθώς φαίνεται στις 20/10, η βροχόπτωση παρουσιάστηκε περί τις 10:30. Οι συγκεντρώσεις σωματιδίων τότε είναι 13.72 μg/m³, ενώ στις 11:30 είναι 27.89 μg/m³ συμπεραίνοντας για ακόμη μία φορά την επιρροή της βροχής στην συγκέντρωση σωματιδίων. Οι ισχυρότεροι άνεμοι, κατά μέσο όρο, έπνευσαν το διάστημα 17-18 Οκτωβρίου, της τάξης των 15 km/h, ενώ οι μέρες με τους ασθενέστερους ανέμους ήταν 5 και 22 Οκτωβρίου.



Διάγραμμα 4.24 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Οκτωβρίου 2024

4.5 Μετρητής Κάθηκα

Ο μετρητής του Κάθηκα συνέλεξε δεδομένα τα διαστήματα 22 Ιουλίου ως 17 Αυγούστου και 1 Σεπτεμβρίου ως 21 Οκτωβρίου, με εξαίρεση τις ημέρες 3 και 4 Σεπτεμβρίου, 2024.

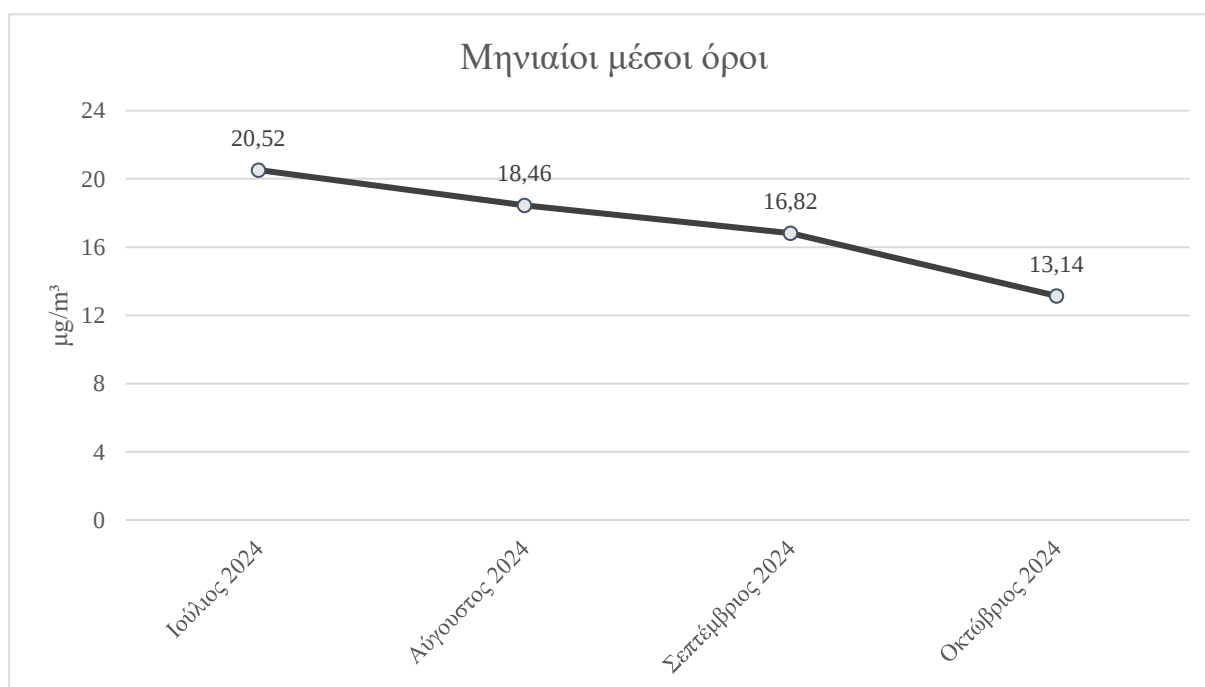
Παρατηρείται πως, ο Ιούλιος ήταν ο μήνας με την εντονότερη παρουσία σωματιδίων εν αντιθέσει με τον Οκτώβριο που ήταν αυτός με την ασθενέστερη παρουσία, συγκριτικά.

Ο μέσος όρος της περιόδου μετρήσεων αιωρούμενων σωματιδίων PM_{2.5} ήταν **16.62 µg/m³**. Ο μέγιστος μέσος όρος παρατηρήθηκε στις 10/8/2024, με τιμή 33.48 µg/m³, ενώ ο ελάχιστος στις 17/9/2024, με τιμή 2.84 µg/m³.

4.5.1 Μηνιαίοι μέσοι όροι

Πίνακας 4.44 - Σύνοψη μέσων όρων Κάθηκα

Μήνας	Μέσος όρος ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Μέγιστος ημερήσιος μέσος όρος ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ελάχιστος ημερήσιος μέσος όρος ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Τυπική απόκλιση ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Ιούλιος 2024	20.52	29.68	6.46	8.40
Αύγουστος 2024	18.46	33.48	9.86	6.08
Σεπτέμβριος 2024	16.82	30.78	2.84	7.65
Οκτώβριος 2024	13.14	24.53	4.62	6.10



Διάγραμμα 4.25 - Μηνιαίοι μέσοι όροι Κάθηκα

4.5.2 Ημερήσιοι μέσοι όροι

4.5.2.1 Ιούλιος 2024

Για την περίοδο του Ιουλίου 2024 ο μέσος όρος ανήλθε σε **20.52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

Ο ημερήσιος μέγιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 27 Ιουλίου, ενώ ο ημερήσιος ελάχιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 29 Ιουλίου.

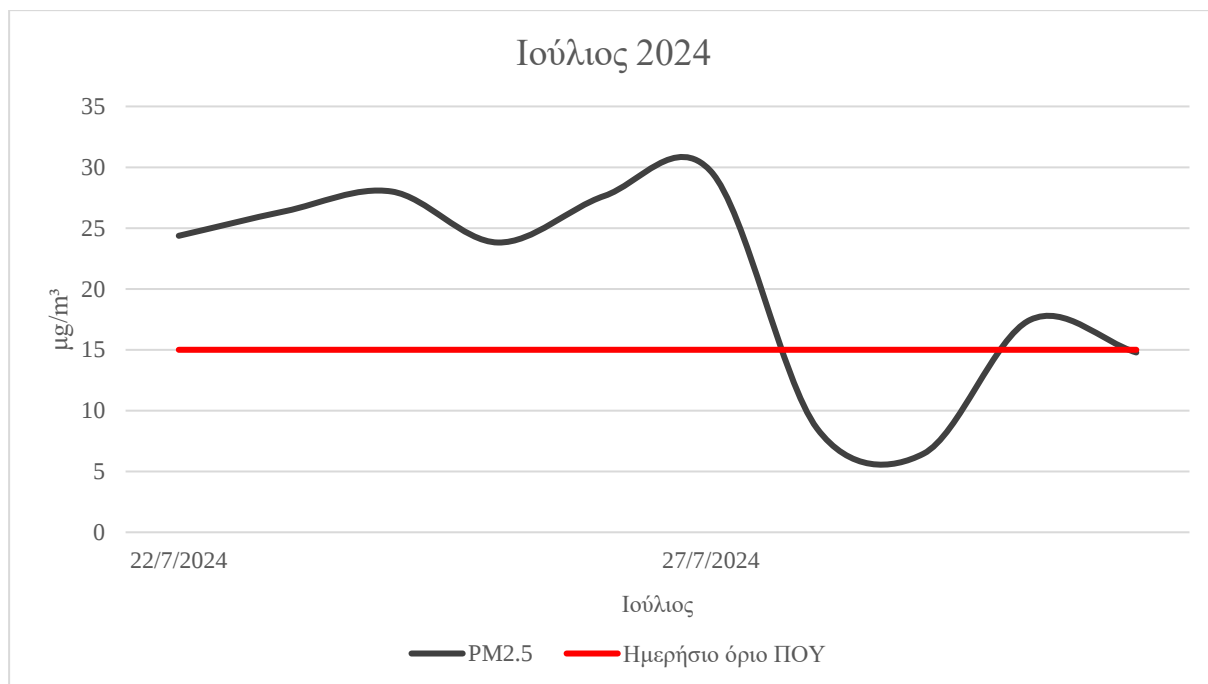
Πίνακας 4.45 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Ιουλίου 2024

Ημερομηνία	Τιμή PM _{2.5} (μg/m ³)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)
31/7/2024 20:29	75.89	27.17	41.67
28/7/2024 18:33	2.61	29.53	23.52

Πίνακας 4.46 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Ιουλίου 2024

Ημερομηνία	Μέσος όρος PM _{2.5} (μg/m ³)
22/7/2024	24.37
23/7/2024	26.39
24/7/2024	28.01
25/7/2024	23.82
26/7/2024	27.64
27/7/2024	29.68
28/7/2024	8.53
29/7/2024	6.46
30/7/2024	17.45
31/7/2024	14.78

Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά στοιχεία του μήνα, υπήρχε καθημερινή νεφοκάλυψη κατά τη διάρκεια του μήνα, με αυτήν να υποχωρεί μόνο τις ημέρες 28-29 Ιουλίου, που παρατηρείται και πτώση των συγκεντρώσεων. Οι ισχυρότεροι άνεμοι, κατά μέσο όρο, έπνευσαν στις 22 Ιουλίου, της τάξης των 10 km/h, ενώ οι ασθενέστεροι στις 31 Ιουλίου, συγκριτικά.



Διάγραμμα 4.26 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Ιουλίου 2024

4.5.2.2 Αύγουστος 2024

Για την περίοδο του Αυγούστου 2024 ο μέσος όρος ανήλθε σε **18.46 µg/m³**.

Ο ημερήσιος μέγιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 10 Αυγούστου, ενώ ο ημερήσιος ελάχιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 5 Αυγούστου.

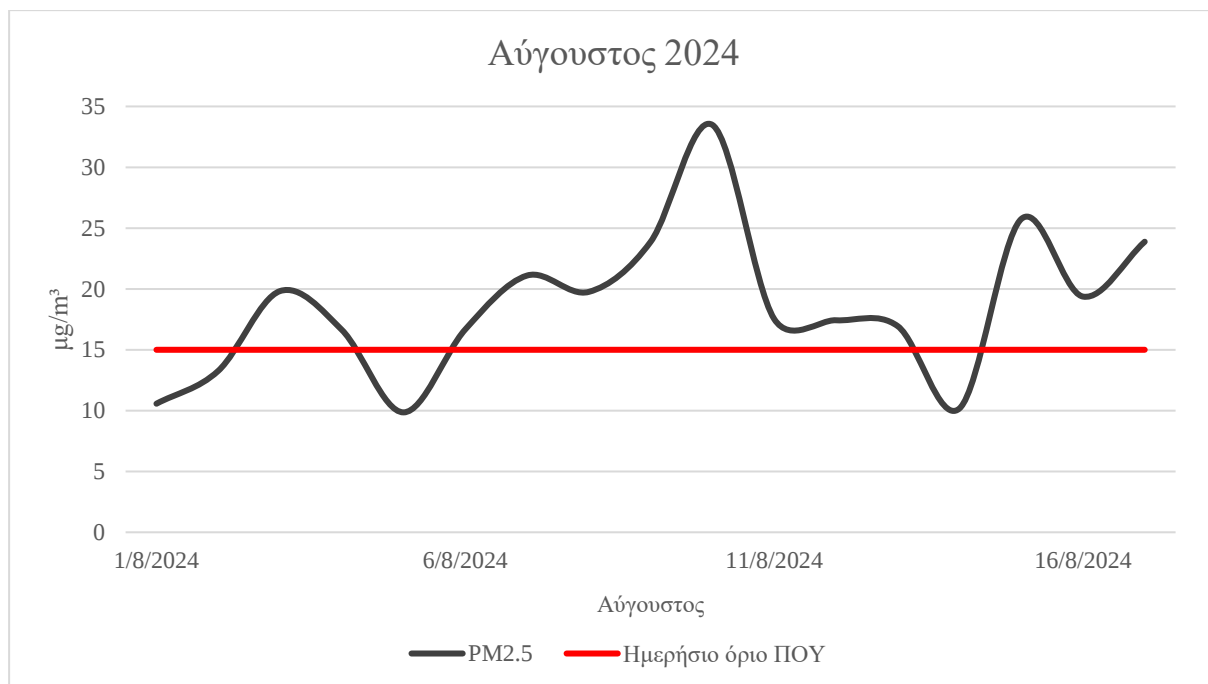
Πίνακας 4.47 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Αυγούστου 2024

Ημερομηνία	Τιμή PM _{2.5} (µg/m³)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)
13/8/2024 07:08	158.44	24.98	27.86
11/8/2024 02:25	3.89	22.88	22.92

Πίνακας 4.48 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Αυγούστου 2024

Ημερομηνία	Μέσος όρος PM_{2.5} (μg/m³)
1/8/2024	10.57
2/8/2024	13.26
3/8/2024	19.82
4/8/2024	16.64
5/8/2024	9.86
6/8/2024	16.67
7/8/2024	21.10
8/8/2024	19.76
9/8/2024	23.87
10/8/2024	33.48
11/8/2024	17.54
12/8/2024	17.43
13/8/2024	16.95
14/8/2024	10.17
15/8/2024	25.74
16/8/2024	19.37
17/8/2024	23.88

Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά στοιχεία του μήνα, οι ισχυρότεροι άνεμοι, κατά μέσο όρο, έπνευσαν στις 2 Αυγούστου, της τάξης των 14 km/h, ενώ οι ασθενέστεροι στις 17 Αυγούστου, συγκριτικά. Επίσης, υπήρχε καθημερινή νεφοκάλυψη, εκτός από ορισμένες ώρες της 1^{ης} Αυγούστου, ενώ δεν παρουσιάστηκαν βροχοπτώσεις.



Διάγραμμα 4.27 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Αυγούστου 2024

4.5.2.3 Σεπτέμβριος 2024

Για την περίοδο του Σεπτεμβρίου 2024 ο μέσος όρος ανήλθε σε **16.82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

Ο ημερήσιος μέγιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 22 Σεπτεμβρίου, ενώ ο ημερήσιος ελάχιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 17 Σεπτεμβρίου.

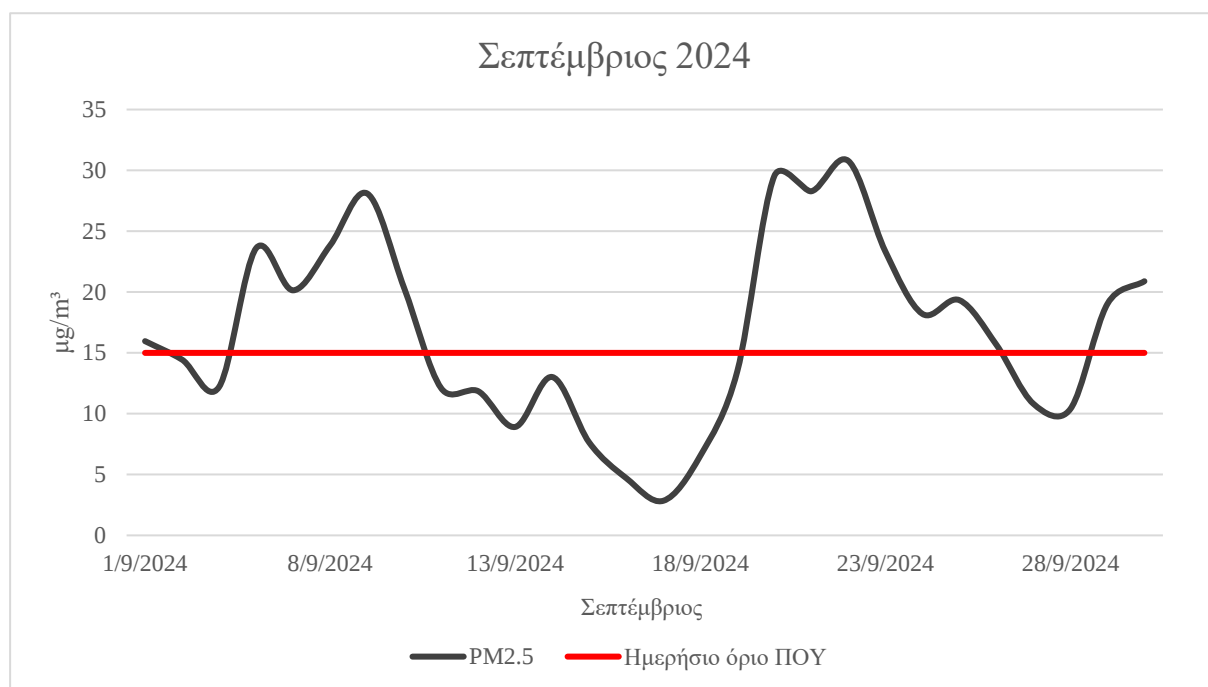
Πίνακας 4.49 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Σεπτεμβρίου 2024

Ημερομηνία	Τιμή $\text{PM}_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Θερμοκρασία ($^{\circ}\text{C}$)	Υγρασία (%)
11/9/2024 20:28	172.61	24.20	36.09
17/9/2024 17:30	1.11	21.93	52.81

Πίνακας 4.50 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Σεπτεμβρίου 2024

Ημερομηνία	Μέσος όρος PM_{2.5} (μg/m³)
1/9/2024	15.97
2/9/2024	14.44
5/9/2024	12.20
6/9/2024	23.60
7/9/2024	20.14
8/9/2024	23.84
9/9/2024	28.10
10/9/2024	20.33
11/9/2024	12.09
12/9/2024	11.85
13/9/2024	8.91
14/9/2024	13.02
15/9/2024	7.63
16/9/2024	4.71
17/9/2024	2.84
18/9/2024	6.54
19/9/2024	13.48
20/9/2024	29.53
21/9/2024	28.28
22/9/2024	30.78
23/9/2024	23.34
24/9/2024	18.21
25/9/2024	19.33
26/9/2024	15.67
27/9/2024	10.82
28/9/2024	10.39
29/9/2024	19.02
30/9/2024	20.89

Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά στοιχεία του μήνα, οι ισχυρότεροι άνεμοι, κατά μέσο όρο, έπνευσαν στις 16 Σεπτεμβρίου, της τάξης των 15 km/h, ενώ οι ασθενέστεροι στις 22 Σεπτεμβρίου, συγκριτικά. Επίσης, υπήρχε καθημερινή νεφοκάλυψη και δεν παρουσιάστηκαν βροχοπτώσεις.



Διάγραμμα 4.28 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Σεπτεμβρίου 2024

4.5.2.4 Οκτώβριος 2024

Για την περίοδο του Οκτωβρίου 2024 ο μέσος όρος ανήλθε σε **13.14 µg/m³**.

Ο ημερήσιος μέγιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 17 Οκτωβρίου, ενώ ο ημερήσιος ελάχιστος μέσος όρος παρατηρείται στις 21 Οκτωβρίου.

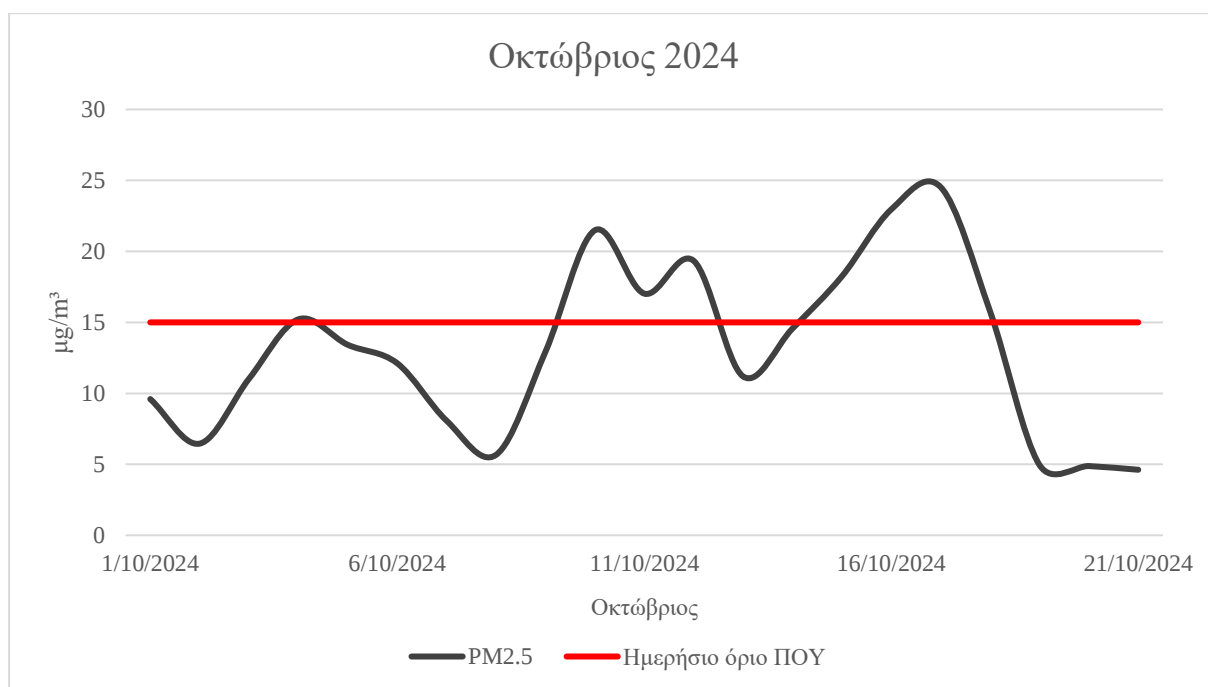
Πίνακας 4.51 - Μέγιστες και ελάχιστες καταγραφές Οκτωβρίου 2024

Ημερομηνία	Τιμή PM _{2.5} (µg/m³)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)
18/10/2024 20:32	321.06	18.05	54.31
7/10/2024 23:58	0.89	20.11	29.90

Πίνακας 4.52 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Οκτωβρίου 2024

Ημερομηνία	Μέσος όρος PM_{2.5} (μg/m³)
1/10/2024	9.60
2/10/2024	6.46
3/10/2024	11.03
4/10/2024	15.22
5/10/2024	13.42
6/10/2024	12.12
7/10/2024	8.07
8/10/2024	5.67
9/10/2024	12.93
10/10/2024	21.49
11/10/2024	17.02
12/10/2024	19.34
13/10/2024	11.19
14/10/2024	14.57
15/10/2024	18.24
16/10/2024	22.96
17/10/2024	24.53
18/10/2024	15.78
19/10/2024	4.96
20/10/2024	4.88
21/10/2024	4.62

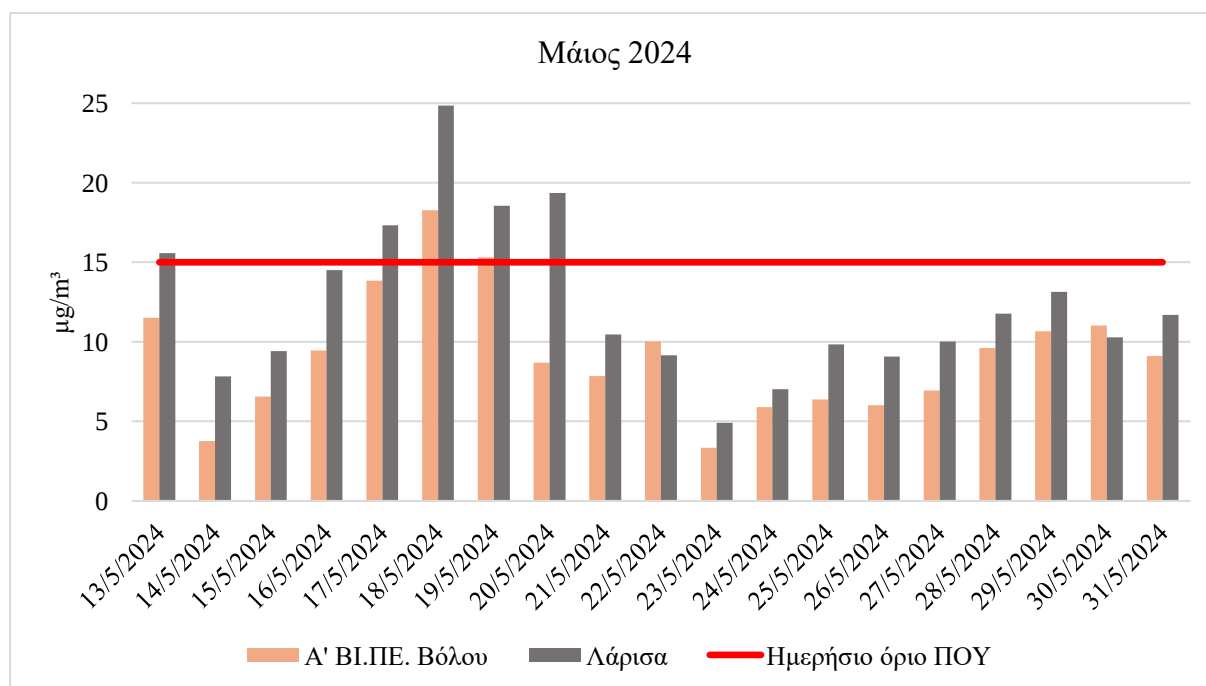
Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά στοιχεία του μήνα, οι ισχυρότεροι άνεμοι, κατά μέσο όρο, έπνευσαν στις 8 και 18 Οκτωβρίου, της τάξης των 8-10 km/h, ενώ οι ασθενέστεροι στις 14 Οκτωβρίου, συγκριτικά. Επίσης, υπήρχε καθημερινή νεφοκάλυψη, από 6 ως 18 Οκτωβρίου, ενώ πολύ πυκνή υπήρξε στις 1, 3 και 4 Οκτωβρίου. Τέλος, δεν παρουσιάστηκαν βροχοπτώσεις.



Διάγραμμα 4.29 - Ημερήσιοι μέσοι όροι Οκτωβρίου 2024

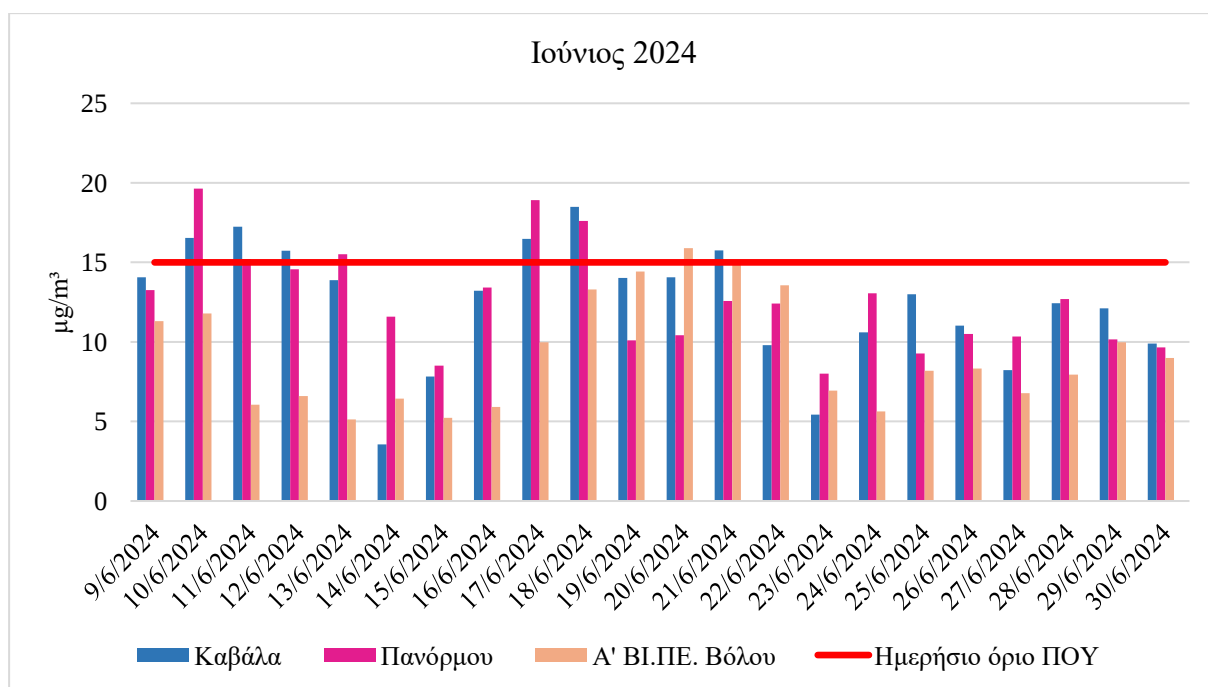
Κεφάλαιο 5. ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

5.1 Μηνιαία συγκριτική ανάλυση



Διάγραμμα 5.1 - Συγκριτικό διάγραμμα Μαΐου 2024

Για τον μήνα Μάιο 2024, υπάρχουν μετρήσεις μόνον από τους μετρητές της Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου και της Λάρισας, ξεκινώντας από τις 13/5/2024. Γενικά, παρατηρείται πως οι μετρήσεις της Λάρισας είναι σταθερά μεγαλύτερες από αυτές του Βόλου, με εξαίρεση τις 22/5 και 30/5. Αξίζει να αναφερθεί πως, στις 18/5 οι δύο μετρητές παρουσιάζουν τον μέγιστο ημερήσιο μέσο όρο τους, ενώ στις 23/5 παρουσιάζουν τον ελάχιστο ημερήσιο μέσο όρο τους. Επίσης, παρατηρείται πως 5 ημέρες η Λάρισα ξεπερνά το ημερήσιο όριο του ΠΟΥ, 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ενώ 2 ημέρες η Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου. Ακόμη, υπάρχει αύξηση στις τάσεις στα μέσα του μήνα, ενώ προς το τέλος οι τιμές τείνουν να παραμείνουν σχετικά σταθερές και πιο κοντά η μία στην άλλη. Τέλος, οι διακυμάνσεις των δύο μετρητών παρουσιάζουν μια ομοιότητα, σε γενικότερο πλαίσιο.



Διάγραμμα 5.2 - Συγκριτικό διάγραμμα Ιουνίου 2024

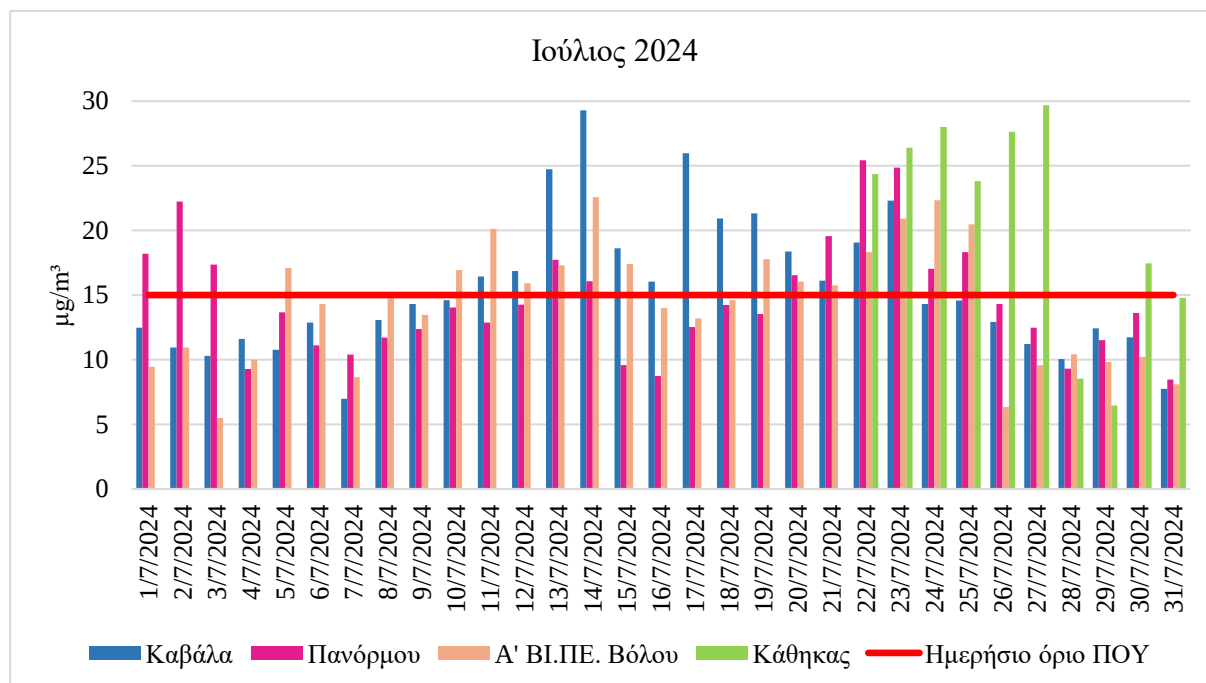
Για τον μήνα Ιούνιο 2024, υπάρχουν μετρήσεις από τους μετρητές της Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου, της Καβάλας ξεκινώντας από τις 4/6/2024, και της Πανόρμου ξεκινώντας από τις 9/6/2024. Το κοινό τους διάστημα είναι από 9/6 ως 30/6. Γενικά παρατηρείται πως, η Καβάλα έχει 6 υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου του ΠΟΥ, 15 µg/m³, 5 υπερβάσεις η Πανόρμου και 1 υπέρβαση η Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου.

Για το διάστημα των 21 ημερών σύγκρισης, παρατηρείται πως, το 48% των εξεταζόμενων ημερών υψηλότερες μετρήσεις έχει η Πανόρμου, το 38% των ημερών έχει η Καβάλα ενώ το 14% έχει η Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου.

Αντιθέτως, τις χαμηλότερες τιμές έχει η Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου, για το 76% των εξεταζόμενων ημερών, η Πανόρμου για το 14% των ημερών και, τέλος, η Καβάλα για το 10% των ημερών. Ακόμη, 16 από τις 21 εξεταζόμενες ημέρες, η Καβάλα και η Πανόρμου έχουν τιμές με πολύ μικρή απόσταση μεταξύ τους και αποτελούν το ζευγάρι των υψηλότερων μετρήσεων αφήνοντας το Βόλο πίσω.

Γενικότερα, παρατηρείται μια σύμπτωση των κατανομών της Καβάλας και της Πανόρμου. Εξάιρεση αποτελούν οι ημέρες 14/6, όπου στην Καβάλα, σύμφωνα με το Αρχείο Καιρού, εμφανίστηκε βροχόπτωση και οι συγκεντρώσεις των σωματιδίων μειώθηκαν απότομα, και το διάστημα 19-20/6 όπου στην Πανόρμου εμφανίστηκαν ισχυροί άνεμοι, σε σχέση με τον υπόλοιπο μήνα, και οι συγκεντρώσεις σωματιδίων μειώθηκαν.

Τέλος, η Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου εμφανίζει ανοδική τάση στις συγκεντρώσεις της το διάστημα 18-22/6 που, σύμφωνα με το Αρχείο Καιρού, στο Βόλο έπνεαν νοτιοανατολικοί άνεμοι όλο αυτό το διάστημα.



Διάγραμμα 5.3 - Συγκριτικό διάγραμμα Ιουλίου 2024

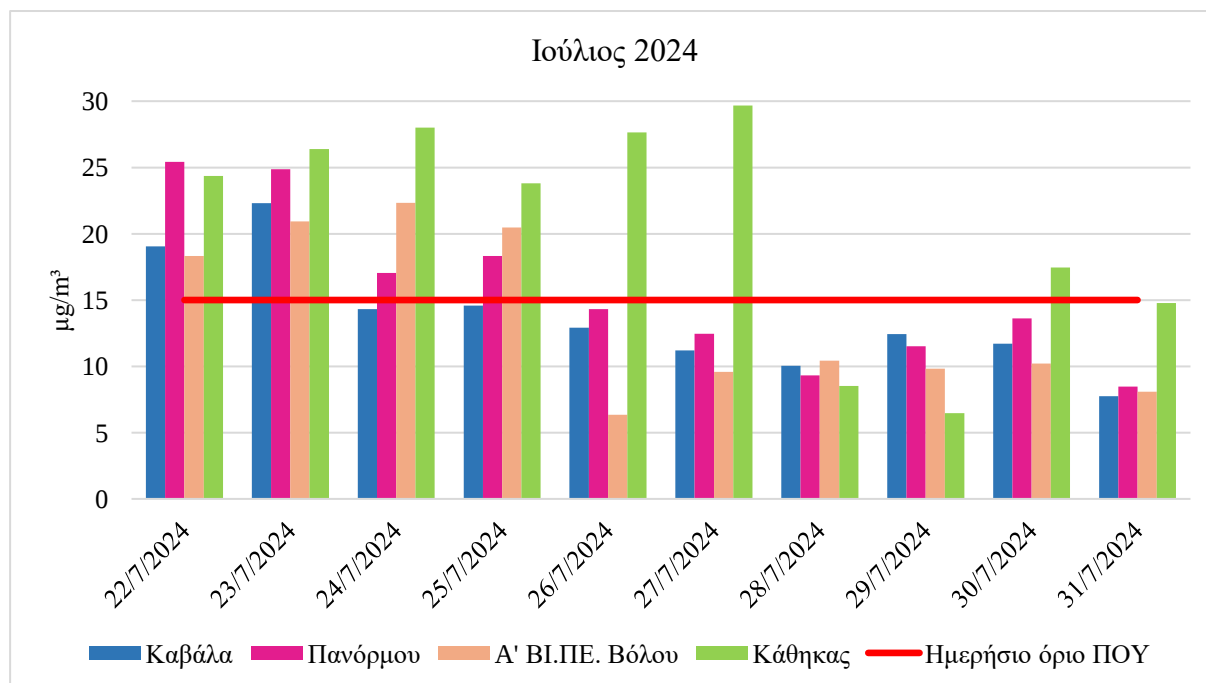
Για τον μήνα Ιούλιο 2024, υπάρχουν μετρήσεις από τους μετρητές της Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου, της Καβάλας, της Πανόρμου και του Κάθηκα ξεκινώντας από τις 22/7/2024.

Γενικά παρατηρείται πως, αυτό το μήνα υπάρχουν 45 υπερβάσεις ημερήσιου ορίου του ΠΟΥ, 15 µg/m³. Οι 14 υπερβάσεις είναι της Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου, οι 13 της Καβάλας, οι 11 της Πανόρμου, και οι υπόλοιπες 7 του Κάθηκα.

Ειδικότερα, η Καβάλα παρουσιάζει μια σταθερότητα στις τιμές της κατά της πρώτες ημέρες του μήνα, ενώ στα μέσα του Ιουλίου εμφανίζει μια ανοδική τάση με αποκορύφωμα στις 13/7, ακολουθούμενη από μια πτώση δύο ημερών, και ξανά άνοδο στις 17/7. Για το υπόλοιπο του μήνα η πορεία είναι κατά βάση πτωτική, με εξαίρεση τις 22-23/7.

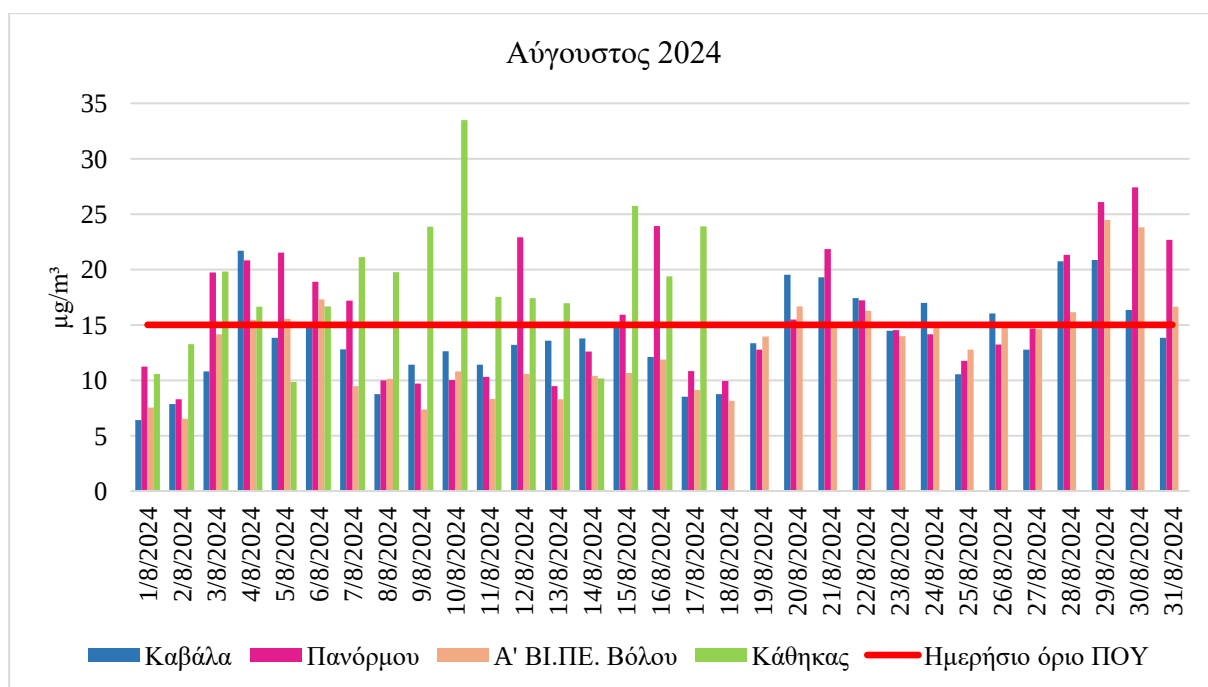
Η Πανόρμου ξεκινά το μήνα με υπερβάσεις, ενώ έπειτα σταθεροποιείται σχετικά, σε χαμηλότερες τιμές. Επανέρχεται με υπερβάσεις, κι έπειτα παρατηρείται μια πτωτική πορεία που φτάνει στον ελάχιστο μέσο όρο του μήνα. Να σημειωθεί πως, στις 22/7 η περιοχή παρουσιάζει την ελάχιστη ένταση ανέμου του μήνα, σύμφωνα με το Αρχείο Καιρού.

Η Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου εμφανίζει αυξομειώσεις κατά τη διάρκεια του μήνα ενώ ο Κάθηκας πραγματοποιεί απανωτές υπερβάσεις, μειώνεται σχετικά κι επανέρχεται με αυξημένες συγκεντρώσεις ξανά.



Διάγραμμα 5.4 - Διάστημα σύγκρισης Ιουλίου 2024

Για το διάστημα των 10 ημερών σύγκρισης, παρατηρείται πως 70% των ημερών τις υψηλότερες μετρήσεις έχει ο Κάθηκας, ενώ Καβάλα, Πανόρμου και Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου μοιράζονται από 10% η κάθε περιοχή. Αντιθέτως, τις χαμηλότερες μετρήσεις του διαστήματος έχει η Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου για το 50% των ημερών, η Καβάλα για το 30% και ο Κάθηκας για το 20%. Η Πανόρμου, αν και εμφανίζει, κάπως πτωτική πορεία αυτό το διάστημα, δε θα βρεθεί καμία ημέρα με την χαμηλότερη συγκέντρωση. Γενικότερα, το εξεταζόμενο διάστημα σύγκρισης, η περιοχή που αποκλίνει πολύ σε σχέση με τις υπόλοιπες είναι ο Κάθηκας.



Διάγραμμα 5.5 - Συγκριτικό διάγραμμα Αυγούστου 2024

Για τον μήνα Αύγουστο 2024, υπάρχουν μετρήσεις από τους μετρητές της Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου, της Καβάλας, της Πανόρμου και του Κάθηκα ως τις 17/8/2024.

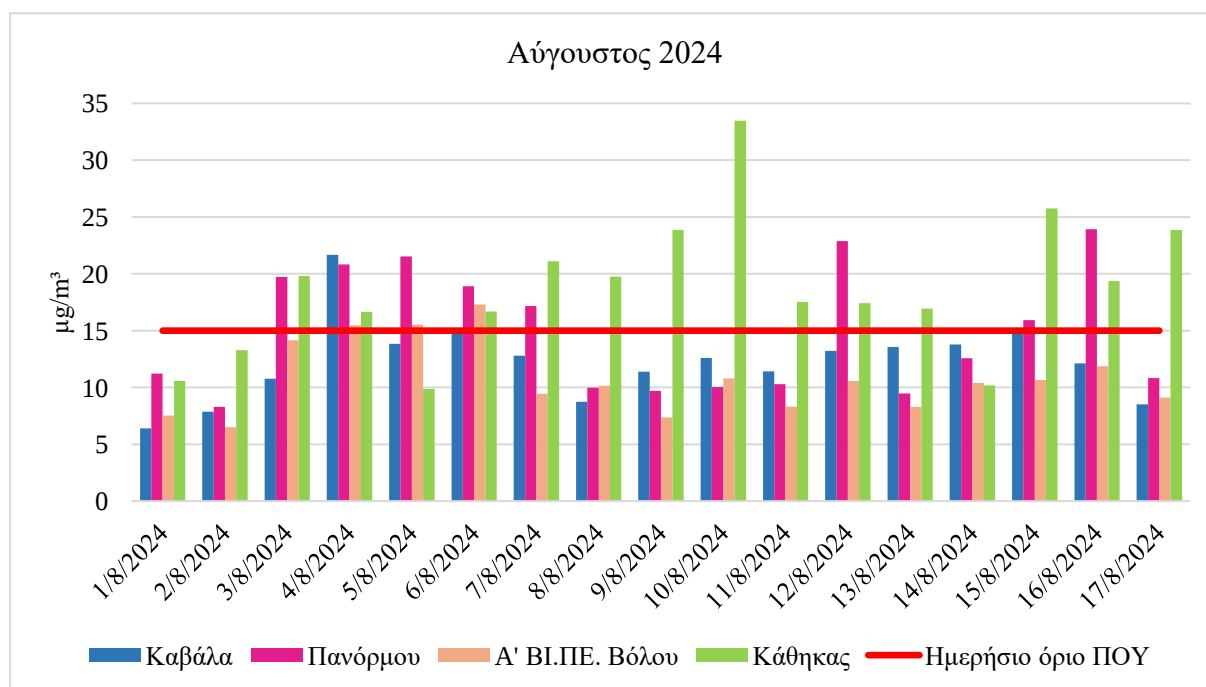
Γενικά παρατηρείται πως, αυτό το μήνα υπάρχουν 49 υπερβάσεις ημερήσιου ορίου του ΠΟΥ, 15 µg/m³. Οι 15 υπερβάσεις είναι της Πανόρμου, οι 13 είναι του Κάθηκα, οι 12 της Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου και οι 9 της Καβάλας.

Ειδικότερα, η Καβάλα παρουσιάζει μια ανοδική τάση τις πρώτες μέρες του μήνα η οποία σύντομα φθίνει και παρουσιάζει μια σταθερότητα για το υπόλοιπο του διαστήματος. Το τελευταίο δεκαήμερο του μήνα, εμφανίζονται δύο εναλλάξ αυξομειώσεις στους μέσους όρους, χωρίς όμως να σημειώνεται κάποια υπέρβαση.

Στη συνέχεια, η Πανόρμου ξεκινά, επίσης, με μια άνοδο στις συγκεντρώσεις της η οποία σύντομα φθίνει, με εξαίρεση δύο ημέρες που παρατηρούνται εξάρσεις, καταλήγοντας το τελευταίο δεκαήμερο του μήνα σε μια παραβολική κατανομή των ημερήσιων μέσων όρων, με το τέλος αυτής να οδηγείται σε υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου.

Η Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου εμφανίζει μια ελαφριά άνοδο στην αρχή του μήνα, που ακολουθείται από σταθερότητα σε χαμηλότερους μέσους όρους ενώ τις τελευταίες ημέρες, ακολουθεί τη διακύμανση των άλλων δύο μετρητών, και σημειώνει σημαντική άνοδο με υπερβάσεις τις ίδιες ημέρες με την Πανόρμου.

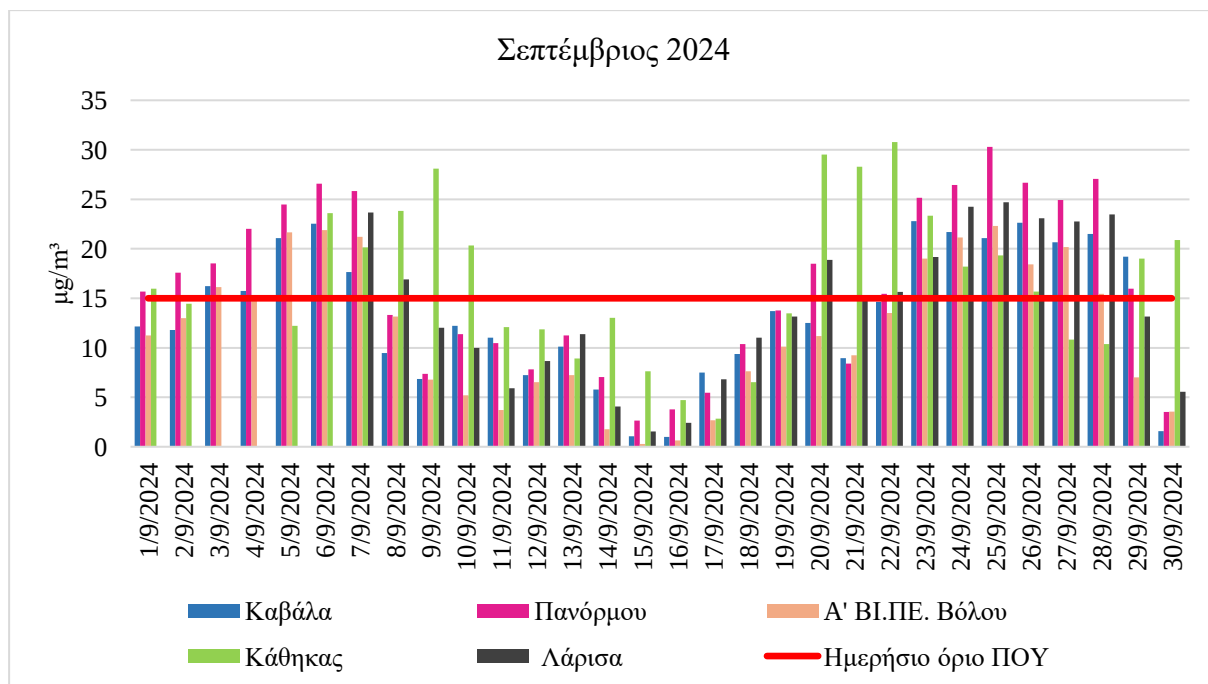
Τέλος, ο Κάθηκας, για τον οποίον υπάρχουν δεδομένα ως 17/8/2024, παρουσιάζει μια σημαντικά υπερβατική συμπεριφορά της τάξης του 76.47% των ημερών. Για μια ακόμη φορά, ο Κάθηκας είναι αυτός που αποκλίνει σε σχέση με τους υπόλοιπους 3 μετρητές, ενώ, αυτοί φαίνεται να ακολουθούν μια κατανομή με αρκετά όμοια σημεία.



Διάγραμμα 5.6 - Διάστημα σύγκρισης Αυγούστου 2024

Για το διάστημα σύγκρισης, των πρώτων 17 ημερών του Αυγούστου, παρατηρούνται 25 υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου του ΠΟΥ.

Στο σύνολο των 17 ημερών, το 59% των υψηλότερων μετρήσεων έχει ο Κάθηκας, ακολουθεί με 29% η Πανόρμου και τέλος η Καβάλα, με 12%. Η Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου δεν είχε καμία ημέρα την υψηλότερη μέτρηση. Αντίθετα, το 53% των ημερών η Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου είχε τις χαμηλότερες μετρήσεις, το 29% των ημερών τις είχε η Καβάλα, το 12% είχε ο Κάθηκας και το 6% είχε η Πανόρμου.

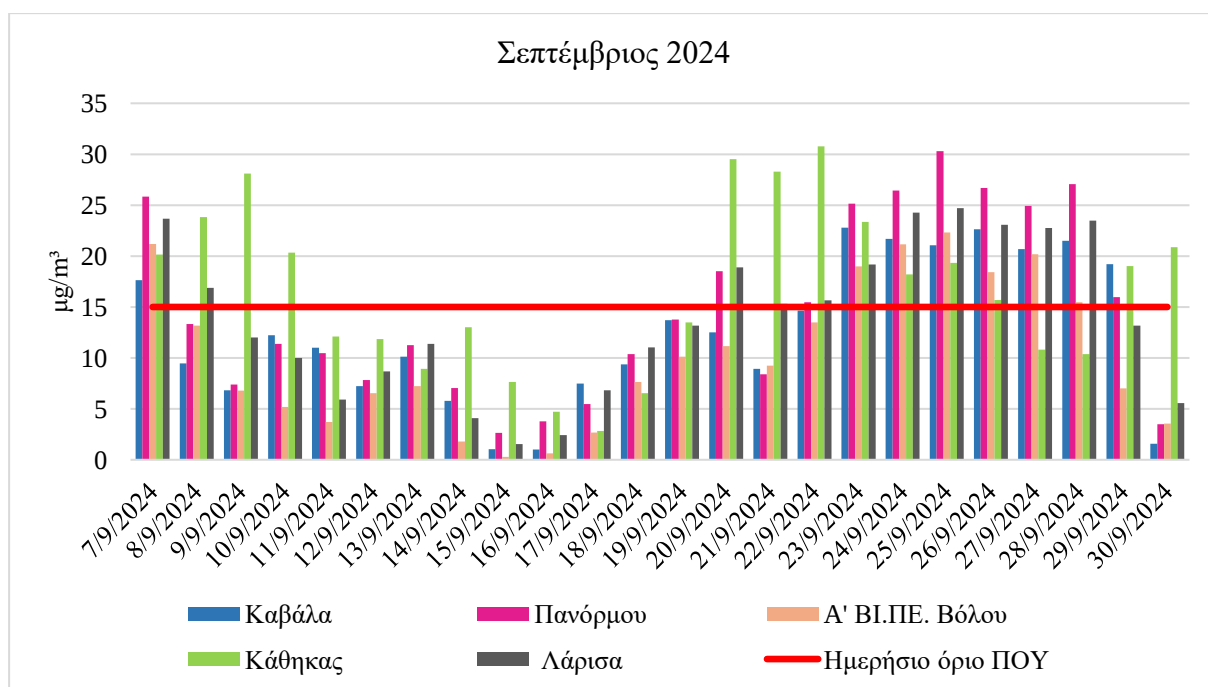


Διάγραμμα 5.7 - Συγκριτικό διάγραμμα Σεπτεμβρίου 2024

Για τον μήνα Σεπτέμβριο 2024, υπάρχουν μετρήσεις από τους μετρητές της Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου, της Καβάλας, της Πανόρμου, του Κάθηκα και της Λάρισας από τις 7/9/2024 κι έπειτα.

Γενικά παρατηρείται πως, αυτό το μήνα υπάρχουν 65 υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου του ΠΟΥ, 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Η Πανόρμου καταγράφει 16 υπερβάσεις, ο Κάθηκας καταγράφει 15 υπερβάσεις, η Καβάλα καταγράφει 12 υπερβάσεις, η Λάρισα καταγράφει 11 υπερβάσεις και η Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου καταγράφει 11 υπερβάσεις.

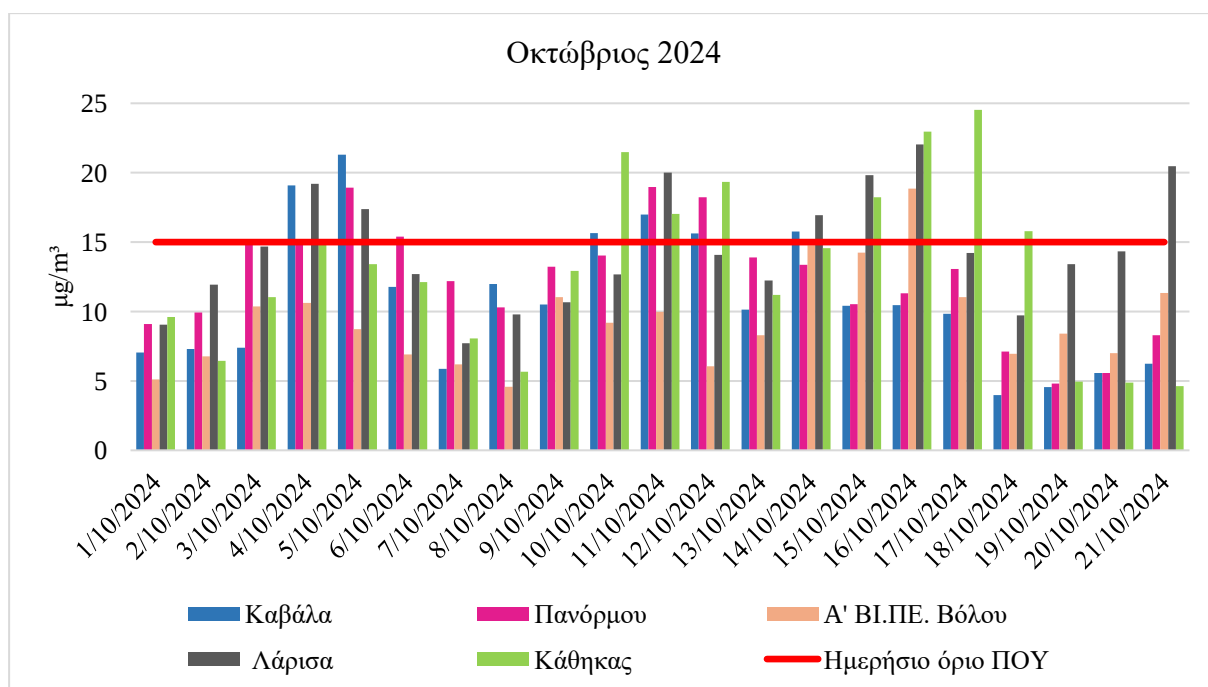
Παρατηρείται μια παρόμοια κατανομή ανάμεσα σε Καβάλα, Πανόρμου, Λάρισα και Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου, με τον Κάθηκα να παρουσιάζει ακραίες τιμές στο σχεδόν 1/3 του διαγράμματος σε σχέση με τις φαινομενικά συγκλίνουσες κατανομές των υπολοίπων μετρητών.



Διάγραμμα 5.8 - Διάστημα σύγκρισης Σεπτεμβρίου 2024

Για το συγκρινόμενο διάστημα 24 ημερών παρατηρούνται 49 υπερβάσεις. Γενικότερα, παρατηρείται μια έντονη δραστηριότητας στις αρχές και στο τέλος του διαστήματος, με τα μέσα να εμφανίζονται πιο σταθεροποιημένα σε χαμηλές τιμές. Ο Κάθηκας ακολουθεί μια ανώμαλη κατανομή σε σχέση με τους υπόλοιπους μετρητές.

Αναλυτικότερα, 50% των ημερών με τον υψηλότερο ημερήσιο μέσο όρο έχει ο Κάθηκας, ακολουθεί η Πανόρμου με το 33% των ημερών και η Καβάλα με τη Λάρισα που έχουν από 8% των ημερών η κάθε μία. Αντίθετα, η Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου, πέραν του ότι δεν έχει καμία ημέρα τον υψηλότερο μέσο όρο, πρωτοστατεί στις ημέρες με τον χαμηλότερο ημερήσιο μέσο όρο, κατέχοντας το 58% των ημερών, έπειτα είναι ο Κάθηκας με το 25% των ημερών, η Καβάλα με το 13% και η Πανόρμου με το 4%. Η Λάρισα δεν έχει καμία ημέρα τον χαμηλότερο ημερήσιο μέσο όρο. Στην προκειμένη περίπτωση φαίνονται οι έντονες αντιφάσεις του Κάθηκα στις μετρήσεις.



Διάγραμμα 5.9 - Συγκριτικό διάγραμμα Οκτωβρίου 2024

Για τον μήνα Οκτώβριο 2024, υπάρχουν μετρήσεις από όλους τους μετρητές ως 21/10/2024, που είναι και το εξεταζόμενο διάστημα. Γενικά, παρατηρούνται 27 υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου του ΠΟΥ, $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ο Κάθηκας με 8 υπερβάσεις, η Λάρισα με 7 υπερβάσεις, η Καβάλα με 6 υπερβάσεις, η Πανόρμου με 5 υπερβάσεις και η Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου με 1 υπέρβαση.

Παρατηρείται πως, το 38% των εξεταζόμενων ημερών υψηλότερες μετρήσεις έχει η Λάρισα, το 29% των ημερών έχει ο Κάθηκας, το 24% έχει η Πανόρμου, το 10% η Καβάλα ενώ η Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου δεν έχει καμία ημέρα την υψηλότερη μέτρηση.

Αντιθέτως, τις χαμηλότερες τιμές έχει η Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου για το 43% των εξεταζόμενων ημερών, η Καβάλα για το 38% των ημερών, ο Κάθηκας για το 14% των ημερών και, τέλος, η Πανόρμου για το 5% των εξεταζόμενων ημερών, ενώ η Λάρισα δεν έχει καμία ημέρα την χαμηλότερη μέτρηση.

Ειδικότερα, η Καβάλα και η Πανόρμου παρουσιάζουν μια ανοδικότητα στις αρχές του μήνα, η οποία αμέσως φθίνει, αλλά επανέρχεται στα μέσα του διαστήματος ώστε να καταλήξει με μια αρνητική κλίση στο τέλος του. Γενικότερα, η γραμμική γραμμή τάσης τους παραμένει καθοδική.

Η Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου παραμένει σε χαμηλά επίπεδα, ενώ εμφανίζει μια έξαρση το διάστημα 14-16 Οκτωβρίου.

Η Λάρισα, παρουσιάζει γενικότερα σταθερά αυξημένες τιμές, και έχει μια ανοδική τάση καθ' όλη τη διάρκεια του διαστήματος, με εξαίρεση ένα κοίλο διάστημα για όλες τις μετρήσεις.

Τέλος, ο Κάθηκας δείχνει να εναρμονίζεται με τους υπόλοιπους μετρητές, στην αρχή του διαστήματος, παρουσιάζει κάποιες εξάρσεις ώστε, στο τέλος του διαστήματος, φθίνει απότομα και παρουσιάζει τους χαμηλότερους μέσους όρους.

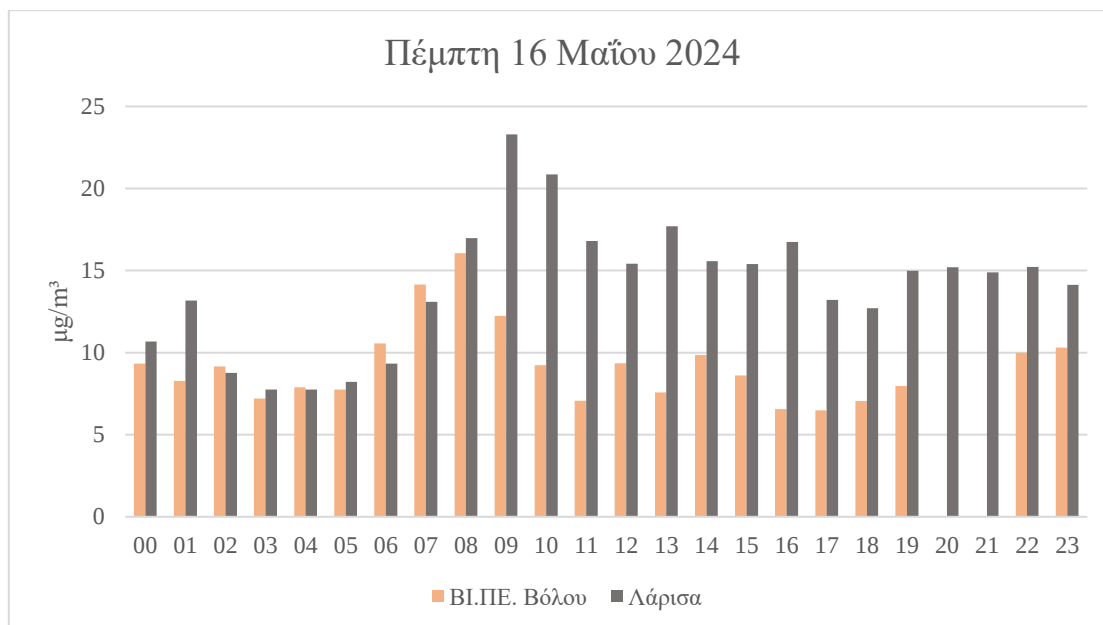
5.2 Ημερήσια συγκριτική ανάλυση

Σε αυτή την ενότητα έχουν επιλεγθεί κάποιες ημέρες, των διαστημάτων σύγκρισης, που η τυπική απόκλιση του ημερήσιου μέσου όρου θερμοκρασίας και υγρασίας είχε τις χαμηλότερες δυνατές τιμές. Με λίγα λόγια, τις ημέρες που γίνεται η σύγκριση της ωριαίας κατανομής της συγκέντρωσης σωματιδίων, οι περιοχές των μετρητών είχαν παρόμοιες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας.

Αξίζει να αναφερθεί πως δεδομένα για το μετρητή της Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου δεν υπάρχουν για όλο το 24ωρο, οπότε χρησιμοποιήθηκαν μόνο τα διαθέσιμα δεδομένα.

Πίνακας 5.1 - 16 Μαΐου 2024

Ημερομηνία	Τοποθεσία μετρητή	Ημερήσιος μέσος όρος PM _{2.5} (μg/m ³)	Ημερήσιος μέσος όρος θερμοκρασίας (°C)	Ημερήσιος μέσος όρος υγρασίας (%)
16/5/2024	Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου	9.45	17.03	57.27
16/5/2024	Λάρισα	14.50	17.86	52.51
Τυπική απόκλιση			0.42	2.38



Διάγραμμα 5.10 - 16 Μαΐου 2024

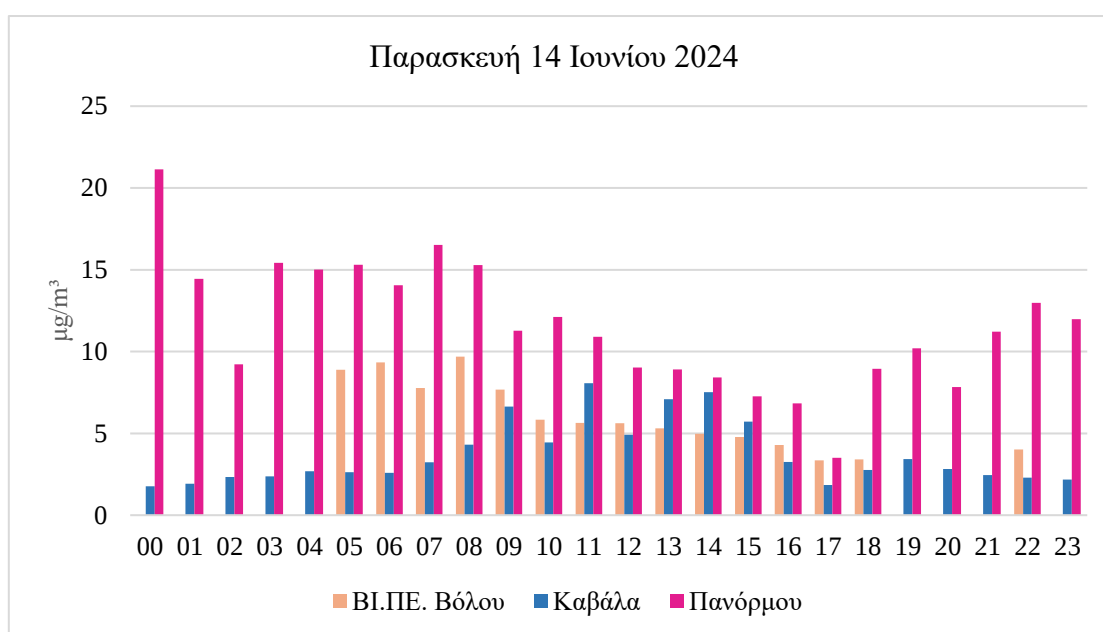
Για την Πέμπτη 16/5/2024, παρατηρείται πως η Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου εμφανίζει μια άνοδο στις συγκεντρώσεις της κατά τις πρωινές ώρες που δημιουργείται κίνηση στην περιοχή καθώς οι εργαζόμενοι προσέρχονται στους τόπους εργασίας τους. Την υπόλοιπη ημέρα οι μετρήσεις παραμένουν σχετικά σταθερές. Καθώς φαίνεται από το Αρχείο Καιρού, υπήρξαν βροχοπτώσεις τα διαστήματα 08:30-10:30 και 14:00-17:00, που παρατηρείται γενικότερα πτωτική πορεία σε εκείνα τα διαστήματα και έπειτα από αυτά ξανά ανοδική.

Από την άλλη, η Λάρισα φαίνεται να έχει υψηλές συγκεντρώσεις καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, εκτός από τις πρώτες πρωινές ώρες. Η άνοδος ξεκινάει στις 07:00 που η καθημερινότητα αρχίζει με τους πολίτες να μετακινούνται, με κορύφωση στις 09:00, και τα καταστήματα να λειτουργούν.

Καθώς ο μετρητής της Λάρισας βρίσκεται στο κέντρο της πόλης, οι συγκεντρώσεις φαίνονται αυξημένες τις ώρες που επικρατεί η εμπορική δραστηριότητα της πόλης. Αντίθετα, ο μετρητής της Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου επηρεάζεται κυρίως από τις μετακινήσεις των εργαζομένων και τη βιομηχανική δραστηριότητα, που στην παρούσα ημέρα δεν φαίνεται έντονη, συγκριτικά.

Πίνακας 5.2 - 14 Ιουνίου 2024

Ημερομηνία	Τοποθεσία μετρητή	Ημερήσιος μέσος όρος PM _{2.5} (μg/m ³)	Ημερήσιος μέσος όρος θερμοκρασίας (°C)	Ημερήσιος μέσος όρος υγρασίας (%)
14/6/2024	Καβάλα	3.56	27.24	35.34
14/6/2024	Πανόρμου	11.59	30.18	30.02
14/6/2024	Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου	6.45	28.38	33.04
Τυπική απόκλιση			1.21	2.18



Διάγραμμα 5.11 - 14 Ιουνίου 2024

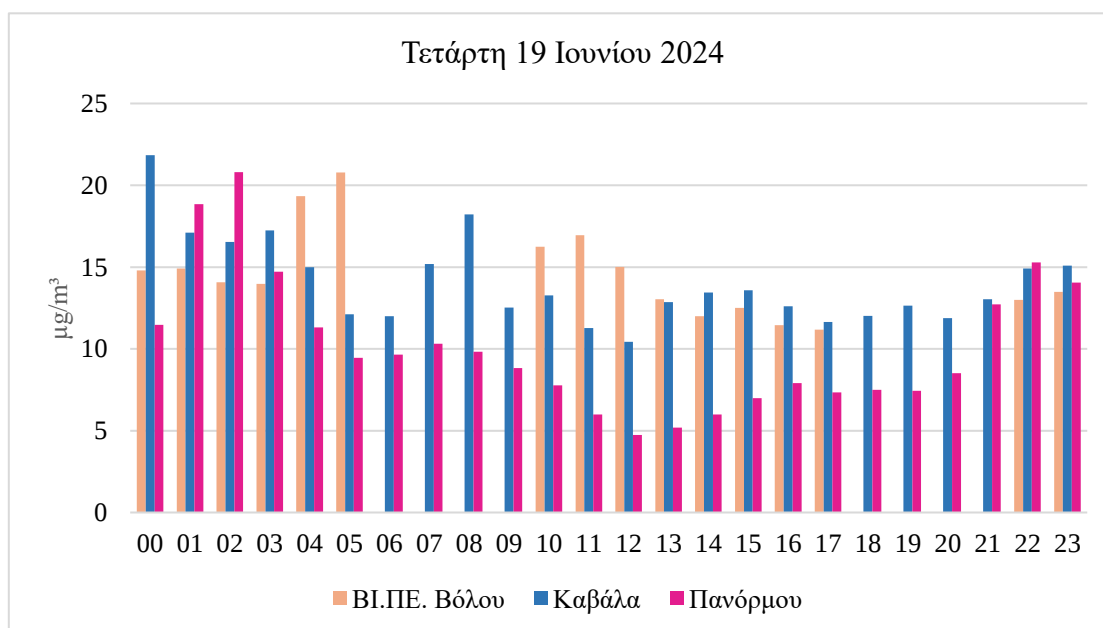
Για την Παρασκευή 14/6/2024, παρατηρείται πως η Πανόρμου εμφανίζει τις υψηλότερες συγκεντρώσεις κατά τις βραδινές και πρώτες πρωινές ώρες. Οι συγκεντρώσεις αυτές δικαιολογούνται από το γεγονός πως η τοποθεσία του μετρητή είναι μια περιοχή με έντονη κινητικότητα (σταθμός μετρό, δύο τοπικές οδικές αρτηρίες, πολλά καταστήματα εστίασης), φούρνους (καύση τα ξημερώματα) και ψησταριές (καύση τις βραδινές ώρες).

Η Καβάλα έχει ασθενή παρουσία σωματιδίων, με το αποκορύφωμα της ημέρας να είναι τις πρωινές και μεσημεριανές ώρες που ο κόσμος της περιοχής έχει έντονη κυκλοφορία λόγω εργασίας.

Η Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου, δεν έχει δεδομένα για όλο το 24ωρο αλλά, παρατηρείται αύξηση στις συγκεντρώσεις τις πρώτες πρωινές ώρες λόγω βιομηχανικής δραστηριότητας ή κυκλοφορίας των πολιτών προς τις εργασίες τους.

Πίνακας 5.3 - 19 Ιουνίου 2024

Ημερομηνία	Τοποθεσία μετρητή	Ημερήσιος μέσος όρος PM _{2.5} (μg/m ³)	Ημερήσιος μέσος όρος θερμοκρασίας (°C)	Ημερήσιος μέσος όρος υγρασίας (%)
19/6/2024	Καβάλα	14.02	27.42	36.68
19/6/2024	Πανόρμου	10.10	28.50	23.47
19/6/2024	Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου	14.43	26.89	36.05
Τυπική απόκλιση			0.67	6.08



Διάγραμμα 5.12 - 19 Ιουνίου 2024

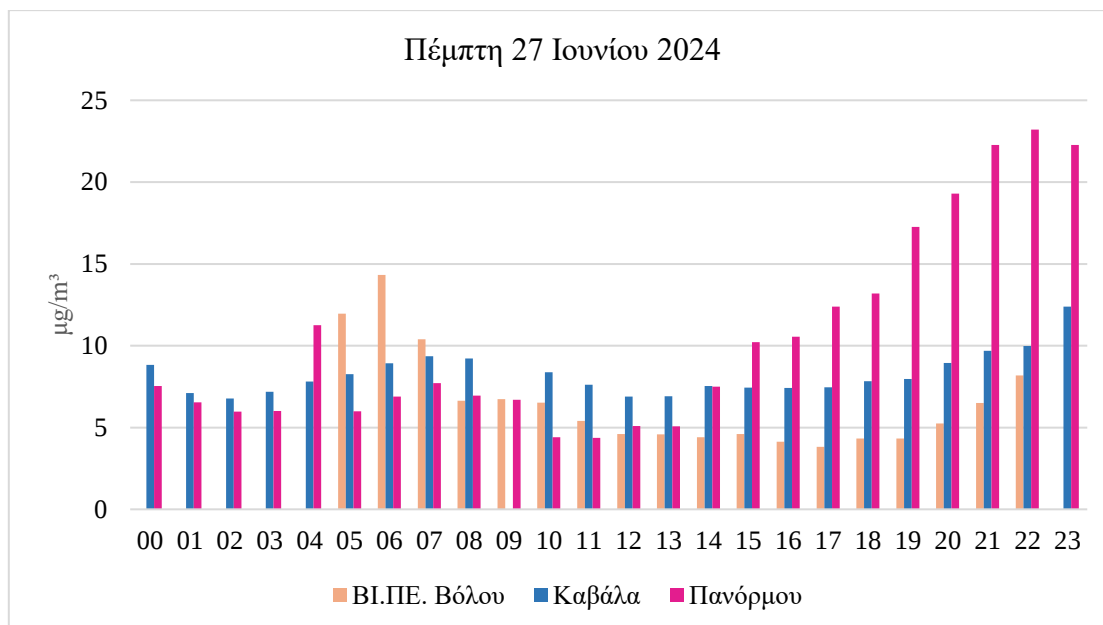
Την Τετάρτη 19/6/2024, παρατηρείται πως η Καβάλα έχει μια ασυνήθιστα έντονη παρουσία σωματιδίων, ειδικά για μια εντελώς οικιστική περιοχή δίχως πηγές ρύπανσης τριγύρω. Πιθανή πηγή εκπομπής σωματιδίων να είναι η βιομηχανική δραστηριότητα της ευρύτερης περιοχής. Τις ώρες αιχμής, συμβάλλει και η μετακίνηση των κατοίκων προς και από τους τόπους εργασίας τους.

Η Πανόρμου, παρουσιάζει έντονες συγκεντρώσεις τις πρώτες πρωινές και βραδινές ώρες, με πιθανές πηγές ρύπανσης τους φούρνους και τις ψησταριές της γύρω περιοχής. Μια σχετική αύξηση παρουσιάζεται, επίσης, τις ώρες αιχμής στους οδικούς άξονες της περιοχής.

Τέλος, η Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου, δεν παρέχει δεδομένα για όλο το 24ωρο αλλά, εμφανίζει έντονη δραστηριότητα όλο το διάστημα μέτρησης, ενδεχομένως λόγω βιομηχανικής δραστηριότητας.

Πίνακας 5.4 - 27 Ιουνίου 2024

Ημερομηνία	Τοποθεσία μετρητή	Ημερήσιος μέσος όρος PM_{2.5} (μg/m³)	Ημερήσιος μέσος όρος θερμοκρασίας (°C)	Ημερήσιος μέσος όρος υγρασίας (%)
27/6/2024	Καβάλα	8.22	26.04	40.81
27/6/2024	Πανόρμου	10.34	26.31	33.19
27/6/2024	Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου	6.78	26.84	38.64
Τυπική απόκλιση			0.33	3.21



Διάγραμμα 5.13 - 27 Ιουνίου 2024

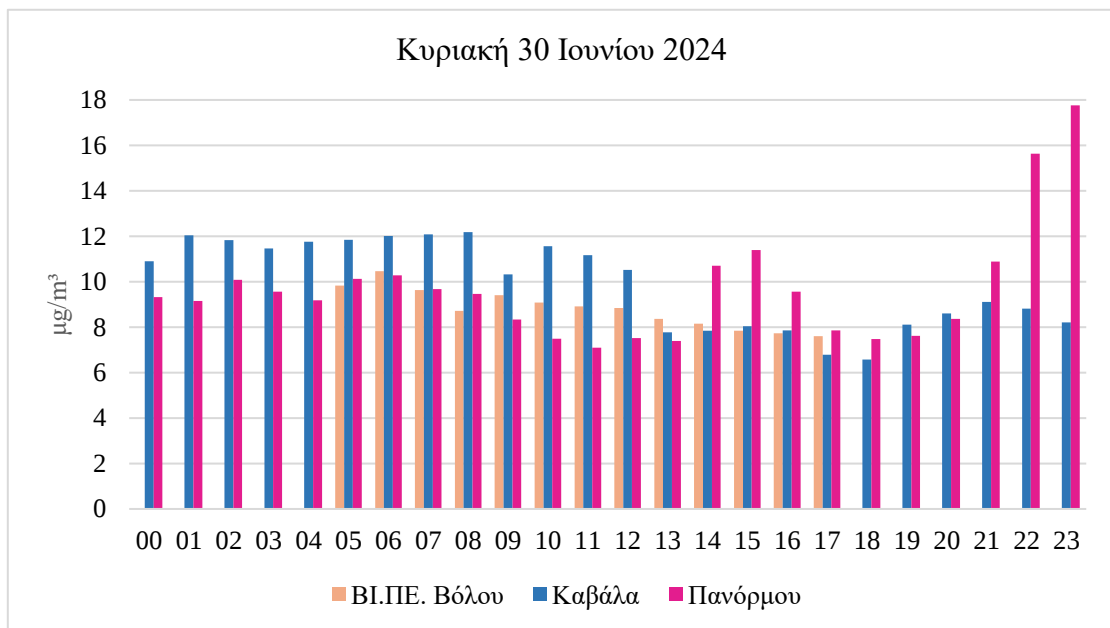
Την Πέμπτη 27/6/2024, για την Πανόρμου παρατηρείται ανοδική τάση της συγκέντρωσης σωματιδίων από τις μεσημεριανές ως τις βραδινές ώρες, που πιθανόν να οφείλεται σε αυξημένη κυκλοφοριακή δραστηριότητα, καταστήματα εστίασης και ψησταριές. Μεμονωμένη έξαρση υπάρχει στις 04:00 που μπορεί να οφείλεται στους φούρνους της περιοχής.

Η Καβάλα παρουσιάζει μια σταθερότητα, με εξαίρεση τις πρώτες πρωινές ώρες και προς τα μεσάνυχτα που παρατηρείται μια ανοδική τάση.

Η Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου, δεν παρέχει δεδομένα για όλο το 24ωρο αλλά, παρατηρείται αυξημένη συγκέντρωση το διάστημα 17:00-19:00. Ανοδική, φαίνεται να είναι η τάση, επίσης, προς το τέλος του 24ωρου.

Πίνακας 5.5 - 30 Ιουνίου 2024

Ημερομηνία	Τοποθεσία μετρητή	Ημερήσιος μέσος όρος PM _{2.5} (μg/m ³)	Ημερήσιος μέσος όρος θερμοκρασίας (°C)	Ημερήσιος μέσος όρος υγρασίας (%)
30/6/2024	Καβάλα	9.91	27.42	30.48
30/6/2024	Πανόρμου	9.66	24.86	31.66
30/6/2024	Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου	9.00	26.88	32.91
Τυπική απόκλιση			1.10	0.99



Διάγραμμα 5.14 - 30 Ιουνίου 2024

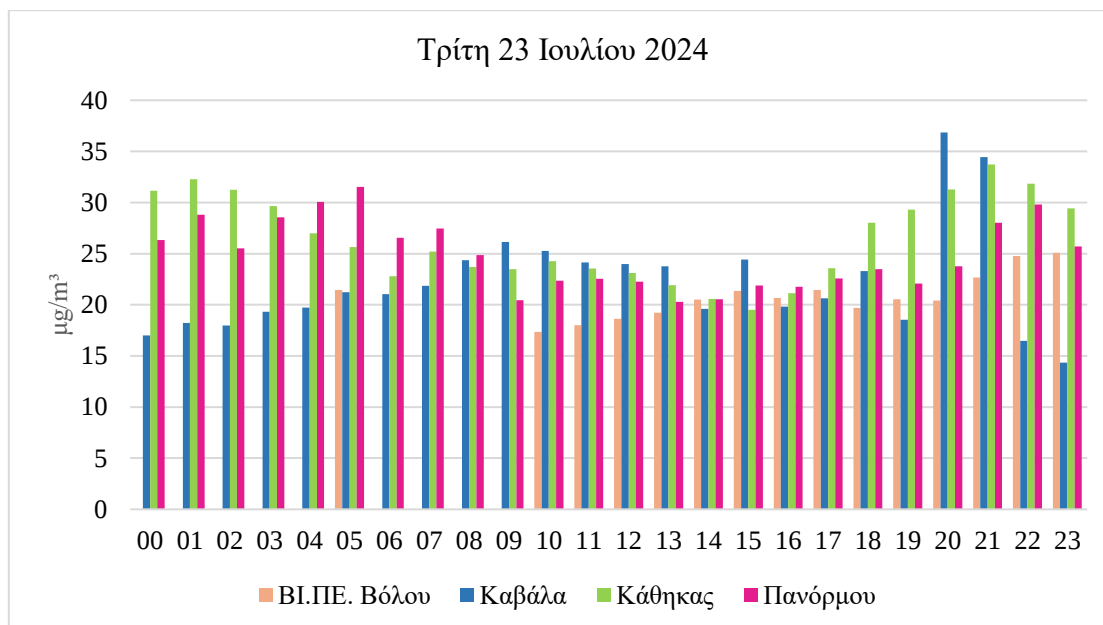
Την Κυριακή 30/6/2024, η Καβάλα παρουσιάζει μια σταθερά αυξημένη συγκέντρωση σωματιδίων, σε σχέση με τις άλλες περιοχές, για το πρώτο 12ωρο της ημέρας η οποία στη συνέχεια μειώνεται. Αυτή μπορεί να οφείλεται σε βιομηχανική δραστηριότητα της ευρύτερης περιοχής. Καθώς είναι Κυριακή, η πλειοψηφία των κατοίκων δεν μετακινείται προς τόπους εργασίας τους, μπορεί όμως να συμβάλλει, στη διατήρηση αυτών των επιπέδων ρύπανσης, η μετακίνηση προς τις παραλίες της περιοχής.

Επίσης, η Πανόρμου εμφανίζει μια σταθερότητα στις μετρήσεις της, εκτός από το διάστημα 14:00-16:00 και 21:00-23:00. Πολύ πιθανή αιτία της αύξησης των συγκεντρώσεων εκείνων των ωρών να αποτελεί η Κυριακάτικη έξοδος των Αθηναίων στα γύρω καταστήματα εστίασης και τις ψησταριές.

Τέλος, η Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου, δεν παρέχει δεδομένα για όλο το 24ωρο αλλά, διατηρεί τις συγκεντρώσεις της σχετικά σταθερές.

Πίνακας 5.6 - 23 Ιουλίου 2024

Ημερομηνία	Τοποθεσία μετρητή	Ημερήσιος μέσος όρος PM_{2.5} (μg/m³)	Ημερήσιος μέσος όρος θερμοκρασίας (°C)	Ημερήσιος μέσος όρος υγρασίας (%)
23/7/2024	Καβάλα	22.30	28.09	40.76
23/7/2024	Πανόρμου	24.86	30.85	30.46
23/7/2024	Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου	20.92	30.65	35.63
23/7/2024	Κάθηκας	26.39	27.05	42.27
Τυπική απόκλιση			1.64	4.64



Διάγραμμα 5.15 - 23 Ιουλίου 2024

Την Τρίτη 23/7/2024, παρατηρείται μια ελαφρώς ανοδική τάση στις συγκεντρώσεις της Καβάλας ως τις 09:00, έπειτα ακολουθεί μια πτώση που εντέλει θα οδηγήσει σε μια έξαρση το διάστημα 20:00-21:00. Αξίζει να αναφερθεί πως εκείνη την ημέρα, εμφανίστηκε ασθενής βροχόπτωση στην Καβάλα το διάστημα 14:20-14:50 και αξιόλογο είναι το γεγονός πως οι συγκεντρώσεις το διάστημα αυτό έπεσαν από $21.44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ σε $15.43 \mu\text{g}/\text{m}^3$, και με το πέρας της βροχής επανήρθαν σε $22.72 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Από την άλλη, στην Πανόρμου το μοτίβο των υψηλών συγκεντρώσεων κατά τις βραδινές και πρώτες πρωινές ώρες εξακολουθεί να επαναλαμβάνεται.

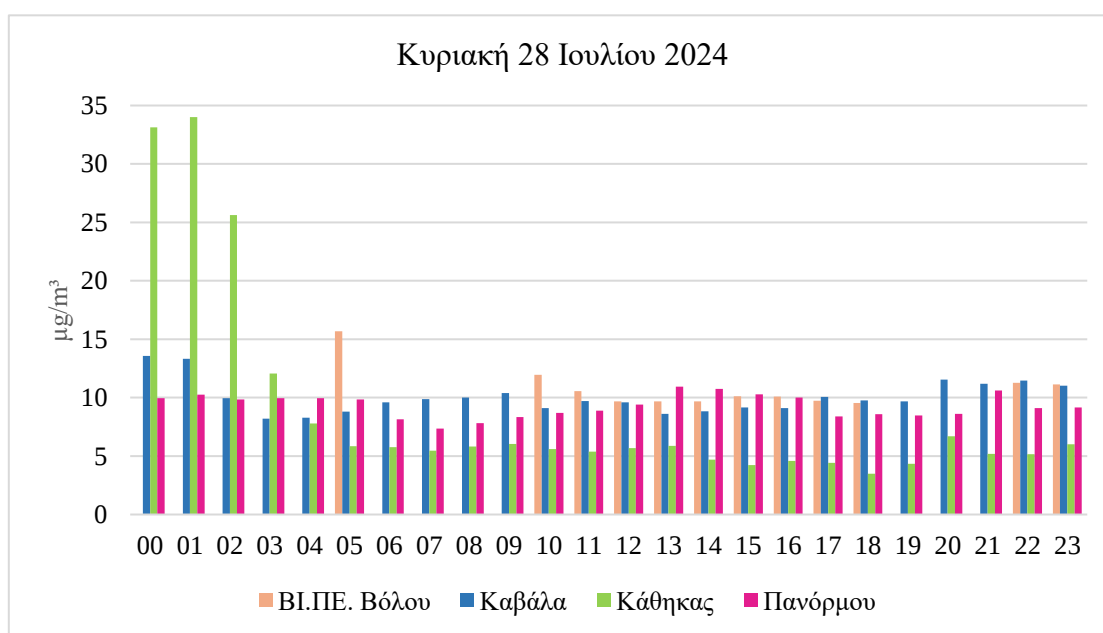
Επίσης, στον Βόλο εμφανίστηκε ασθενής βροχόπτωση στις 23/7, με τα δεδομένα να μην είναι ολοκληρωμένα για όλο το 24ωρο, παρατηρείται επίσης μια σταθερά έντονη παρουσία σωματιδίων όλο το μετρούμενο διάστημα.

Επιπροσθέτως, ο Κάθηκας εμφανίζει αυξημένη συγκέντρωση τις πρώτες πρωινές και τις βραδινές ώρες, παρόμοιο μοτίβο με την Πανόρμου.

Τέλος, όπως παρατηρείται από τον συγκεντρωτικό Πίνακα 5.6, στις 23/7/2024 και οι 4 μετρητές κατέγραψαν υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου του ΠΟΥ.

Πίνακας 5.7 - 28 Ιουλίου 2024

Ημερομηνία	Τοποθεσία μετρητή	Ημερήσιος μέσος όρος PM _{2.5} (μg/m ³)	Ημερήσιος μέσος όρος θερμοκρασίας (°C)	Ημερήσιος μέσος όρος υγρασίας (%)
28/7/2024	Καβάλα	10.05	27.57	39.45
28/7/2024	Πανόρμου	9.30	27.99	30.00
28/7/2024	Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου	10.43	30.20	35.30
28/7/2024	Κάθηκας	8.53	27.66	33.29
Τυπική απόκλιση			1.08	3.42



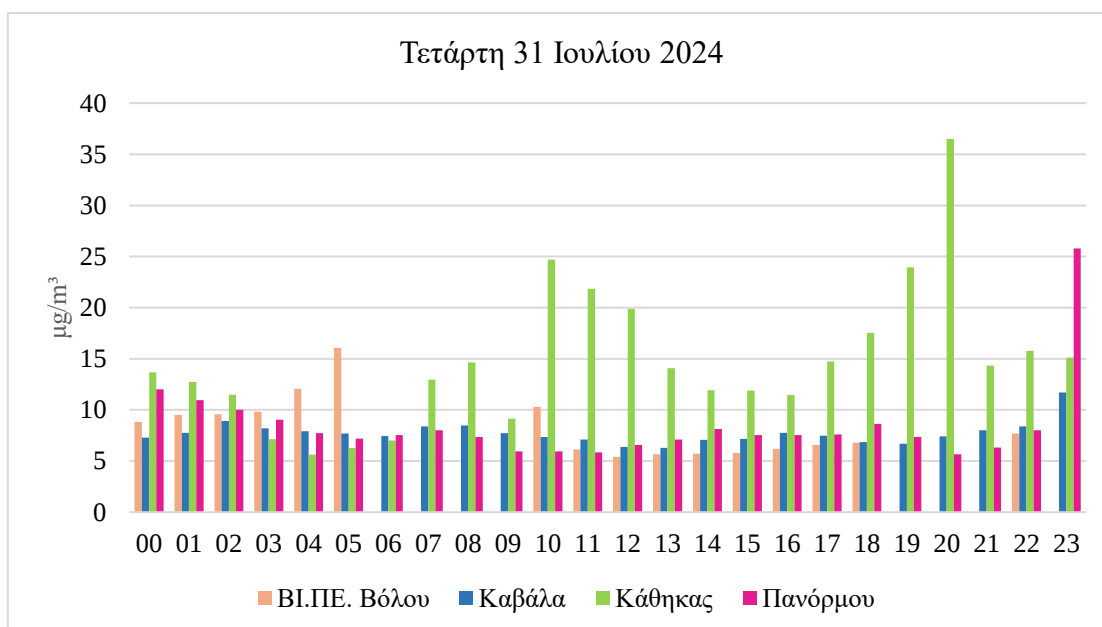
Διάγραμμα 5.16 - 28 Ιουλίου 2024

Την Κυριακή 28/7/2024 οι μετρητές της Καβάλας, της Πανόρμου και της Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου παρουσιάζουν γενικότερα μια ομοιομορφία στις κατανομές τους, ενώ ο Κάθηκας, τις πρώτες 3 ώρες της ημέρας, εμφανίζει συγκεντρώσεις 3 φορές πάνω από τους υπόλοιπους μετρητές. Έπειτα, φθίνει απότομα και διατηρεί τους χαμηλότερους ωριαίους μέσους όρους του 24ωρου.

Επίσης, υψηλή συγκριτικά μέτρηση έχει η Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου στις 05:00, που προφανώς αιτιολογείται από την βιομηχανική δραστηριότητα της περιοχής.

Πίνακας 5.8 - 31 Ιουλίου 2024

Ημερομηνία	Τοποθεσία μετρητή	Ημερήσιος μέσος όρος PM _{2.5} (μg/m ³)	Ημερήσιος μέσος όρος θερμοκρασίας (°C)	Ημερήσιος μέσος όρος υγρασίας (%)
31/7/2024	Καβάλα	7.74	27.20	38.44
31/7/2024	Πανόρμου	8.47	27.01	28.91
31/7/2024	Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου	8.08	26.63	34.44
31/7/2024	Κάθηκας	14.78	27.99	33.88
Τυπική απόκλιση			0.50	3.39



Διάγραμμα 5.17 - 31 Ιουλίου 2024

Την Τετάρτη 31/7/2024, η Καβάλα παρουσιάζει γενικά μια σταθερότητα στις τιμές της.

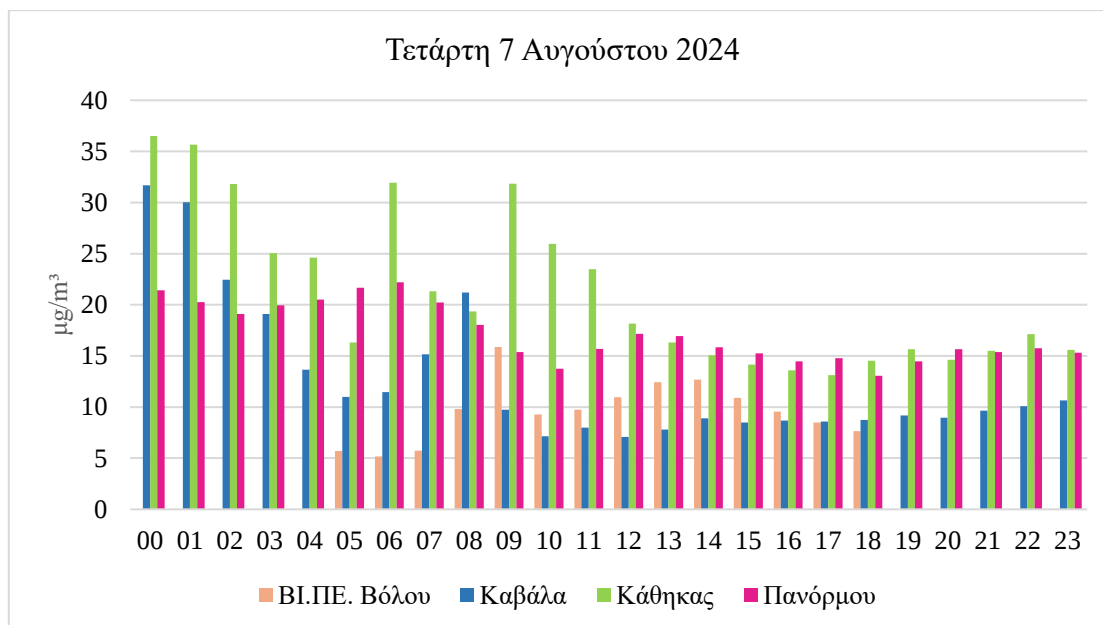
Η Πανόρμου εμφανίζει, επίσης, σταθερότητα με εξαίρεση τις πρώτες πρωινές ώρες και τα μεσάνυχτα που έχει τις υψηλότερες τιμές της ημέρας.

Η Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου έχει μια ανοδική τάση τα ξημερώματα της ημέρας, που οφείλεται πιθανόν στη βιομηχανική δραστηριότητα της περιοχής.

Τέλος, ο Κάθηκας παρουσιάζει μια διαφορετική συμπεριφορά συγκριτικά με τους υπόλοιπους μετρητές, με υψηλές τιμές όλο το 24ωρο, εκτός από το διάστημα 03:00-06:00, και μετρήσεις, κυρίως το δεύτερο 12ωρο της ημέρας, που αγγίζουν διπλάσιες και τριπλάσιες τιμές από αυτές των υπολοίπων μετρητών. Πιθανή αιτία αυτών, να είναι η κυκλοφοριακή κίνηση, τα καταστήματα εστίασης, οι γεωργικές εργασίες, βιομηχανική δραστηριότητα της ευρύτερης περιοχής και οι αερομεταφερόμενοι ρύποι από άλλες περιοχές.

Πίνακας 5.9 - 7 Αυγούστου 2024

Ημερομηνία	Τοποθεσία μετρητή	Ημερήσιος μέσος όρος PM_{2.5} (μg/m³)	Ημερήσιος μέσος όρος θερμοκρασίας (°C)	Ημερήσιος μέσος όρος υγρασίας (%)
7/8/2024	Καβάλα	12.78	26.76	37.18
7/8/2024	Πανόρμου	17.17	29.07	34.18
7/8/2024	Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου	9.46	28.78	32.84
7/8/2024	Κάθηκας	21.10	26.52	40.63
Τυπική απόκλιση			1.15	3.00



Διάγραμμα 5.18 - 7 Αυγούστου 2024

Την Τετάρτη 7/8/2024 παρατηρείται έντονη παρουσία σωματιδίων το διάστημα 00:00-03:00 στην Καβάλα, που οφείλεται σε βιομηχανική δραστηριότητα της ευρύτερης περιοχής, και μια έξαρση το διάστημα 07:00-08:00 που αποτελεί ώρα μετακίνησης των κατοίκων στους τόπους εργασίας τους. Η υπόλοιπη ημέρα διατηρείται σταθερή σε σχετικά χαμηλά επίπεδα.

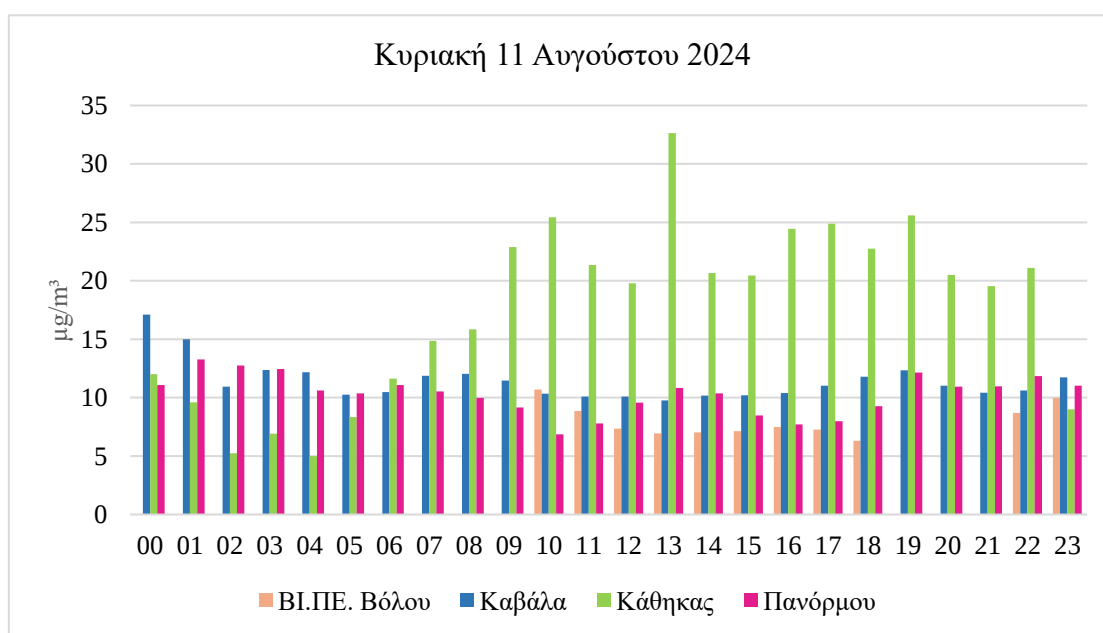
Η Πανόρμου, είναι επίσης σταθερή στις μετρήσεις της με μια σχετική άνοδο τις πρώτες πρωινές ώρες, ενώ πραγματοποιεί υπέρβαση του ημερήσιου ορίου του ΠΟΥ.

Η Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου, δεν παρέχει δεδομένα για όλο το 24ωρο, αλλά φαίνεται να έχει την εντονότερη παρουσία σωματιδίων στις 09:00, που πιθανόν οφείλεται στην βιομηχανική δραστηριότητα της περιοχής ή σε κίνηση του κόσμου στην περιοχή.

Ο Κάθηκας, από την άλλη, εμφανίζει αρκετά υψηλές τιμές το πρώτο 12ωρο της ημέρας. Πιθανή αίτια είναι η βιομηχανική δραστηριότητα της ευρύτερης περιοχής, οι οδικές μεταφορές, οι φούρνοι και οι αερομεταφερόμενοι ρύποι από άλλες περιοχές. Πραγματοποιεί, επίσης, υπέρβαση του ημερήσιου ορίου του ΠΟΥ.

Πίνακας 5.10 - 11 Αυγούστου 2024

Ημερομηνία	Τοποθεσία μετρητή	Ημερήσιος μέσος όρος PM _{2.5} (μg/m ³)	Ημερήσιος μέσος όρος θερμοκρασίας (°C)	Ημερήσιος μέσος όρος υγρασίας (%)
11/8/2024	Καβάλα	11.41	27.68	37.65
11/8/2024	Πανόρμου	10.30	28.41	29.28
11/8/2024	Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου	8.32	30.04	31.29
11/8/2024	Κάθηκας	17.54	26.78	37.93
Τυπική απόκλιση			1.20	3.82

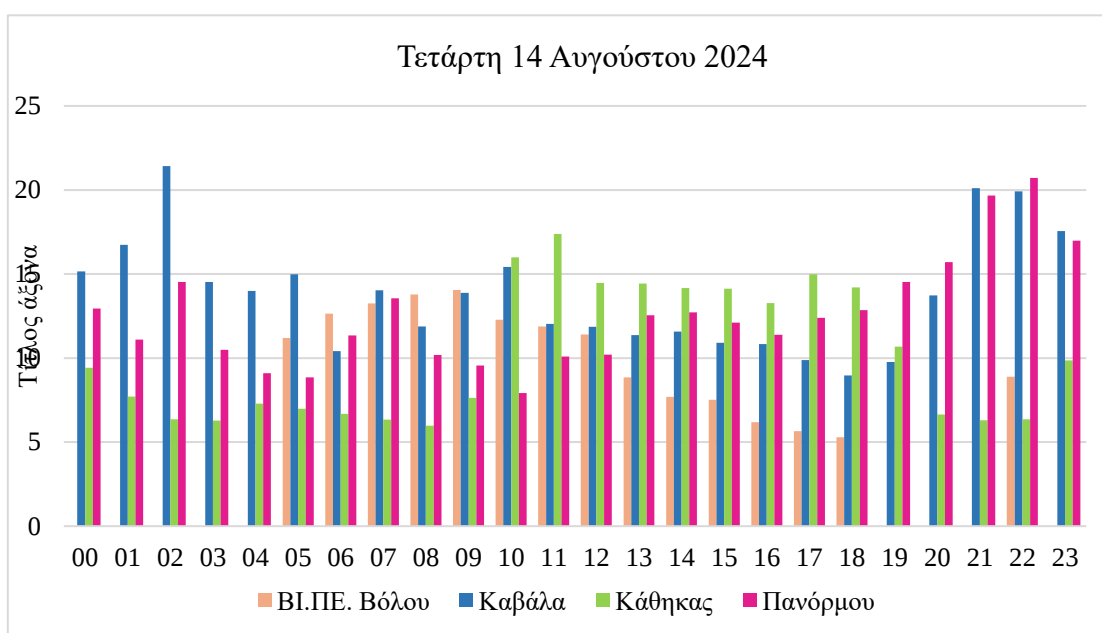


Διάγραμμα 5.19 - 11 Αυγούστου 2024

Την Κυριακή 11/8/2024, όλοι οι μετρητές εμφανίζουν μια σχετική σταθερότητα, ενώ πάλι ο Κάθηκας παρουσιάζει σταθερά διπλάσιες και τριπλάσιες μετρήσεις, συγκριτικά, από το πρωί 07:00 ως τη νύχτα 22:00, πραγματοποιώντας υπέρβαση του ημερήσιου ορίου του ΠΟΥ. Επίσης, η Καβάλα τις ώρες 00:00-01:00 εμφανίζει υψηλές τιμές, συγκριτικά με το υπόλοιπο 24ωρο.

Πίνακας 5.11 - 14 Αυγούστου 2024

Ημερομηνία	Τοποθεσία μετρητή	Ημερήσιος μέσος όρος PM _{2.5} (μg/m ³)	Ημερήσιος μέσος όρος θερμοκρασίας (°C)	Ημερήσιος μέσος όρος υγρασίας (%)
14/8/2024	Καβάλα	13.77	29.01	31.55
14/8/2024	Πανόρμου	12.59	30.91	26.72
14/8/2024	Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου	10.39	29.32	32.69
14/8/2024	Κάθηκας	10.17	27.94	31.78
Τυπική απόκλιση			1.06	2.33



Διάγραμμα 5.20 - 14 Αυγούστου 2024

Την Τετάρτη 14/8/2024, η Καβάλα παρουσιάζει διάφορες αυξομειώσεις μέσα στο 24ωρο, με σημαντική άνοδο στις 02:00 και 20:00-21:00.

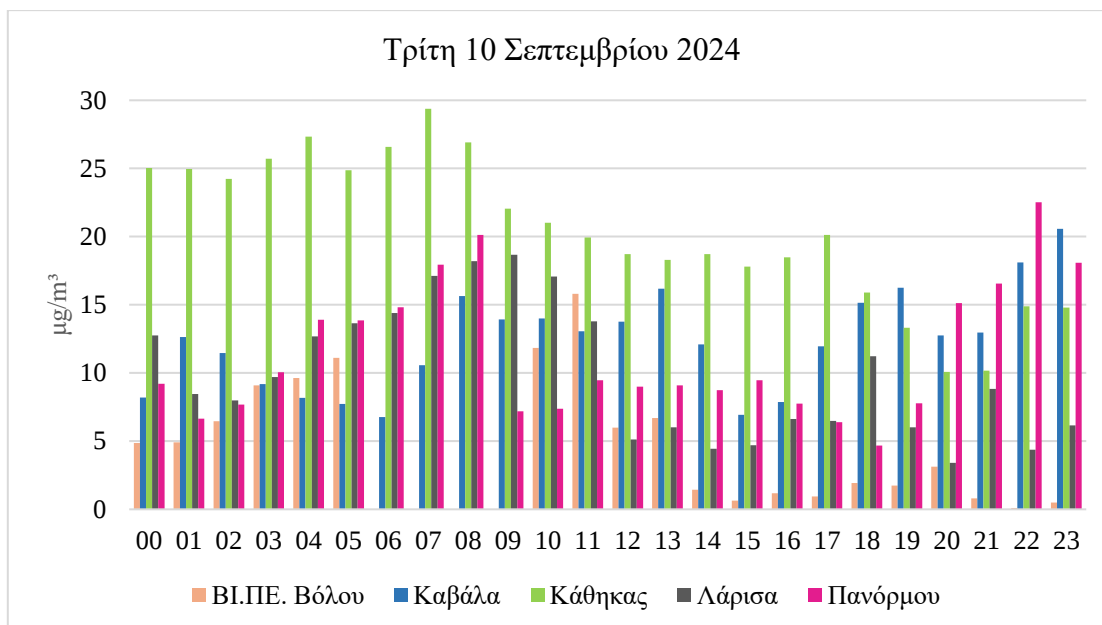
Αντίστοιχα, η Πανόρμου εμφανίζει άνοδο τις πρώτες πρωινές ώρες και ξανά τις απογευματινές με κορύφωση στις 22:00, όμοια με την Καβάλα.

Η Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου, από την άλλη, για την οποία δεν υπάρχουν μετρήσεις όλο το 24ωρο, τις υψηλότερες τιμές έχει το διάστημα 07:00-09:00, ενώ το απόγευμα οι συγκεντρώσεις φθίνουν. Άνοδος παρατηρείται στις 22:00, αλλά δεν υπάρχουν τιμές αργότερα ώστε να εξαχθεί ασφαλές συμπέρασμα.

Τέλος, ο Κάθηκας έχει ανεβασμένες τιμές το διάστημα 10:00-18:00, ενώ όλο το υπόλοιπο 24ωρο κρατιέται σε χαμηλά επίπεδα. Συγκριτικά με τους άλλους μετρητές δεν παρεκκλίνει πολύ.

Πίνακας 5.12 - 10 Σεπτεμβρίου 2024

Ημερομηνία	Τοποθεσία μετρητή	Ημερήσιος μέσος όρος PM_{2.5} (μg/m³)	Ημερήσιος μέσος όρος θερμοκρασίας (°C)	Ημερήσιος μέσος όρος υγρασίας (%)
10/9/2024	Καβάλα	12.23	22.44	54.97
10/9/2024	Πανόρμου	11.37	25.99	49.61
10/9/2024	Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου	5.20	21.79	57.02
10/9/2024	Λάρισα	9.98	22.78	55.16
10/9/2024	Κάθηκας	20.33	22.43	61.54
Τυπική απόκλιση			1.49	3.84



Διάγραμμα 5.21 - 10 Σεπτεμβρίου 2024

Την Τρίτη 10/9/2024, η Καβάλα εμφανίζει άνοδο τις πρωινές ώρες και ξανά τις απογευματινές ώρες με κορύφωση στις 23:00. Καθώς εμφανίζεται βροχόπτωση εκείνη την ημέρα το διάστημα 14:30-16:30, παρατηρείται πως οι συγκεντρώσεις το διάστημα της βροχής είναι κατά μέσο όρο $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ενώ μετά το πέρας της βροχής είναι οι τιμές ανέρχονται κατά μέσο όρο σε $15.41 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Η Πανόρμου εμφανίζει μια σταδιακή άνοδο από τις πρώτες πρωινές ώρες με κορύφωση στις 08:00, που είναι ώρα αιχμής. Έπειτα, αρχίζει να αυξάνεται ξανά από τις 20:00 κι έπειτα. Την ημέρα εκείνη εμφανίζεται βροχόπτωση στις 12:00 και στις 18:00 και όπως παρατηρείται οι συγκεντρώσεις πέφτουν κατακόρυφα, ενώ έπειτα από τη βροχή ανέρχονται ξανά.

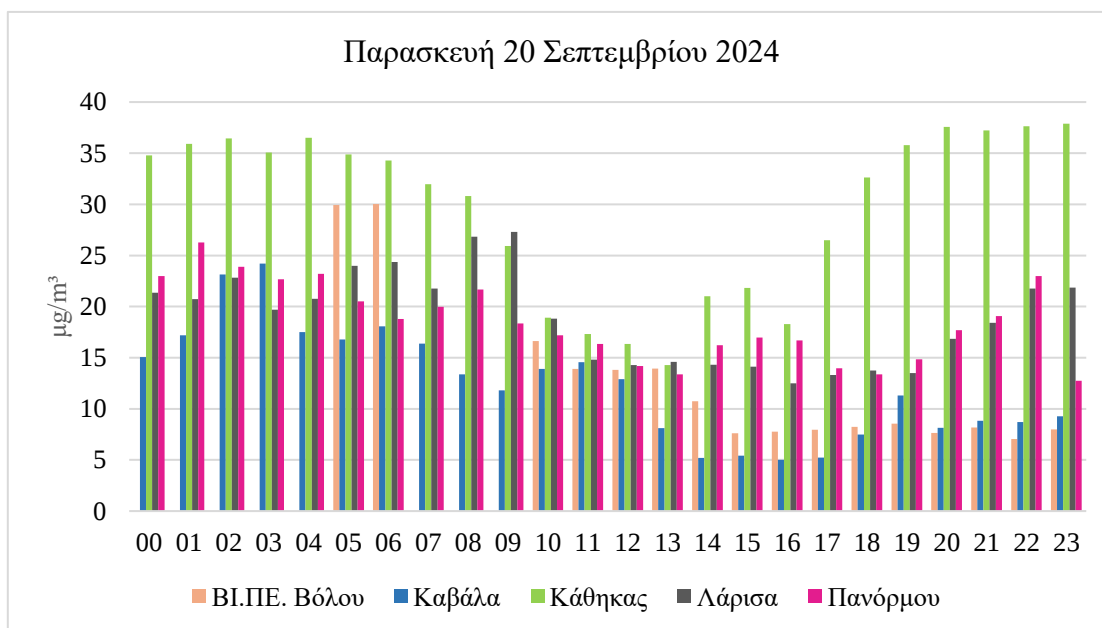
Η Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου, παρόλο που δεν έχει τιμές για όλο το 24ωρο, έχει μια κορύφωση στις 11:00, ενώ τις βραδινές ώρες αγγίζει τις ελάχιστες συγκεντρώσεις. Την ημέρα εκείνη εμφανίζεται βροχόπτωση τα διαστήματα 13:00-14:30 και 20:00-22:00, με άμεση επιρροή στην μείωση των σωματιδίων και αύξηση ακριβώς μετά το πέρας της βροχόπτωσης.

Η Λάρισα αυξάνεται σταδιακά με κορύφωση τις ώρες αιχμής, 07:00-10:00. Έπειτα φθίνει, με εξαίρεση μια απότομη έξαρση στις 18:00. Στις 11:00-13:00 και στις 20:00 εμφανίζεται καταιγίδα με απότομη μείωση σωματιδίων.

Στον Κάθηκα, που δεν υπήρξε παρουσία βροχής, οι συγκεντρώσεις ήταν όλο το 24ωρο υψηλές, αγγίζοντας διπλάσιες τιμές από αυτές των υπόλοιπων μετρητών, με μερική πτώση το διάστημα 19:00-21:00, πραγματοποιώντας υπέρβαση του ημερήσιου ορίου του ΠΟΥ.

Πίνακας 5.13 - 20 Σεπτεμβρίου 2024

Ημερομηνία	Τοποθεσία μετρητή	Ημερήσιος μέσος όρος PM _{2.5} (μg/m ³)	Ημερήσιος μέσος όρος θερμοκρασίας (°C)	Ημερήσιος μέσος όρος υγρασίας (%)
20/9/2024	Καβάλα	12.51	22.66	41.11
20/9/2024	Πανόρμου	18.50	22.66	44.38
20/9/2024	Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου	11.17	22.14	53.41
20/9/2024	Λάρισα	18.89	22.89	49.40
20/9/2024	Κάθηκας	29.53	21.32	64.26
Τυπική απόκλιση			0.56	8.06



Διάγραμμα 5.22 - 20 Σεπτεμβρίου 2024

Την Παρασκευή 20/9/2024, παρατηρούνται γενικότερα αυξημένες τιμές σε όλες τις περιοχές κατά τις πρώτες πρωινές ώρες. Οι συγκεντρώσεις της Καβάλας φθίνουν σταδιακά κατά το πέρασμα της ημέρας.

Αυτές της Πανόρμου, σημειώνουν μια άνοδο στις 08:00, προφανώς λόγω κίνησης των οχημάτων στους δρόμους. Το μοτίβο των υψηλών συγκεντρώσεων τις πρώτες πρωινές και τις βραδινές ώρες, συγκριτικά με την υπόλοιπη ημέρα, παραμένει και πραγματοποιείται υπέρβαση του ημερήσιου ορίου του ΠΟΥ.

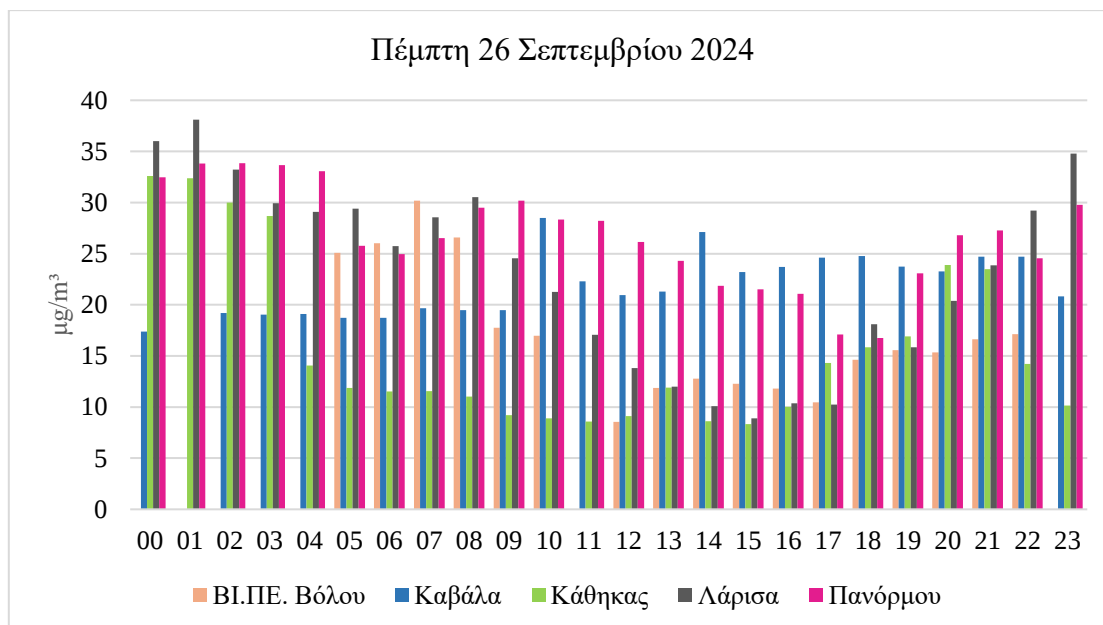
Η Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου, για την οποία δεν υπάρχουν δεδομένα για όλο το 24ωρο, έχει μια αρκετά μεγάλη κορύφωση, συγκριτικά, 05:00 με 06:00, κι έπειτα μειώνεται σταθερά.

Επίσης, η Λάρισα μοιάζει πολύ στην κατανομή της Πανόρμου αλλά εμφανίζει κορύφωση 08:00-09:00, που είναι ώρα αιχμής, και ξανά ανεβαίνει 22:00-23:00. Επίσης, υπάρχει υπέρβαση του ημερήσιου ορίου του ΠΟΥ.

Τέλος, ο Κάθηκας έχει τις υψηλότερες συγκεντρώσεις της ημέρας, με ένα διάλειμμα το διάστημα 10:00-16:00, με σημαντική διαφορά από τους υπόλοιπους μετρητές, για μια ακόμη φορά. Συμπληρωματικά, εκείνη την ημέρα σημειώθηκε υπέρβαση του ημερήσιου ορίου του ΠΟΥ.

Πίνακας 5.14 - 26 Σεπτεμβρίου 2024

Ημερομηνία	Τοποθεσία μετρητή	Ημερήσιος μέσος όρος PM_{2.5} (μg/m³)	Ημερήσιος μέσος όρος θερμοκρασίας (°C)	Ημερήσιος μέσος όρος υγρασίας (%)
26/9/2024	Καβάλα	22.64	22.99	50.44
26/9/2024	Πανόρμου	26.67	25.71	41.90
26/9/2024	Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου	18.43	23.49	48.34
26/9/2024	Λάρισα	23.09	25.71	41.06
26/9/2024	Κάθηκας	15.67	22.89	45.04
Τυπική απόκλιση			1.28	3.61



Διάγραμμα 5.23 - 26 Σεπτεμβρίου 2024

Την Πέμπτη 26/9/2024, η Καβάλα έχει σταθερά όλο το 24ωρο υψηλές συγκεντρώσεις και κάνει υπέρβαση του ημερήσιου ορίου του ΠΟΥ.

Αντίστοιχα, η Πανόρμου που έχει, επίσης, υψηλές συγκεντρώσεις όλη την ημέρα με έμφαση στη συνήθη κατανομή της, και σημειώνει υπέρβαση του ημερήσιου ορίου του ΠΟΥ.

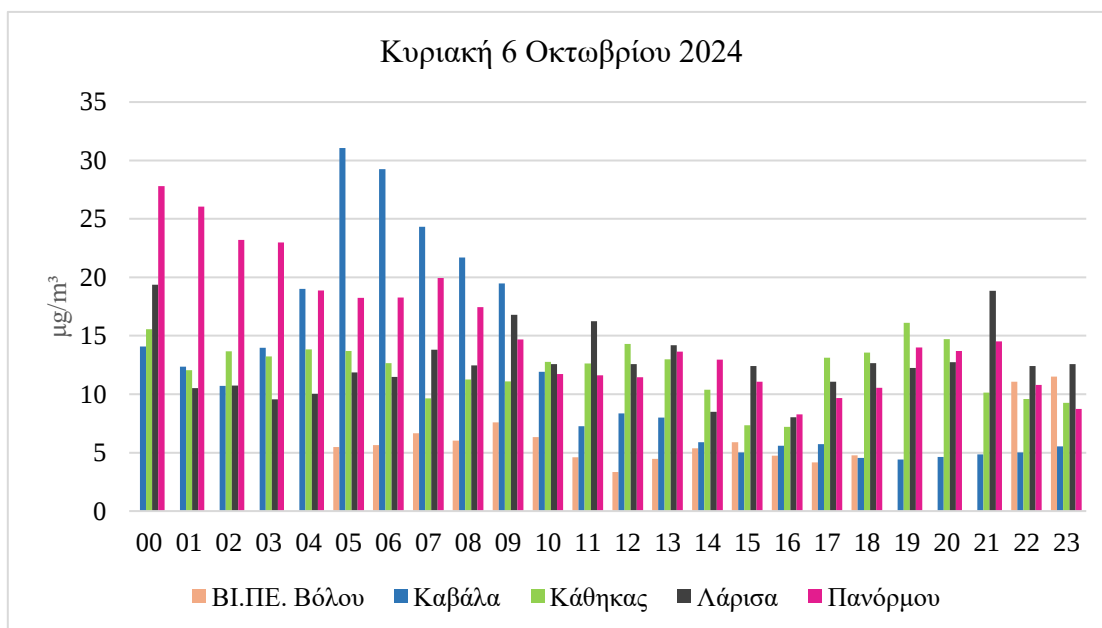
Η Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου, για την οποία δεν υπάρχουν επαρκείς μετρήσεις, σημειώνει επίσης υψηλές τιμές το διάστημα 05:00-08:00, μειώνεται το μεσημέρι, ενώ φαίνεται να παίρνει την άνοδο το βράδυ. Επιπροσθέτως, πραγματοποιεί υπέρβαση του ημερήσιου ορίου του ΠΟΥ.

Η Λάρισα, έχει υψηλές μετρήσεις όλη την ημέρα εκτός από το διάστημα 12:00-17:00, και υπερβαίνει το ημερήσιο όριο του ΠΟΥ.

Τέλος, ο Κάθηκας εμφανίζει αυξημένες τιμές τις πρώτες πρωινές ώρες και τις βραδινές, ενώ όλη την ημέρα κρατιέται σε χαμηλά επίπεδα. Τέλος, πραγματοποιεί κι αυτός υπέρβαση του ορίου.

Πίνακας 5.15 - 6 Οκτωβρίου 2024

Ημερομηνία	Τοποθεσία μετρητή	Ημερήσιος μέσος όρος PM _{2.5} (μg/m ³)	Ημερήσιος μέσος όρος θερμοκρασίας (°C)	Ημερήσιος μέσος όρος υγρασίας (%)
6/10/2024	Καβάλα	11.77	22.92	49.29
6/10/2024	Πανόρμου	15.40	24.00	47.26
6/10/2024	Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου	6.91	19.89	50.91
6/10/2024	Λάρισα	12.70	22.03	45.67
6/10/2024	Κάθηκας	12.12	21.21	52.77
Τυπική απόκλιση			1.41	2.53



Διάγραμμα 5.24 - 6 Οκτωβρίου 2024

Την Κυριακή 6/10/2024, η Καβάλα το διάστημα 04:00-09:00 έχει τις υψηλότερες συγκεντρώσεις της.

Η Πανόρμου επιμένει στις υψηλές συγκεντρώσεις τις πρώτες πρωινές ώρες, και υπερβαίνει το ημερήσιο όριο του ΠΟΥ.

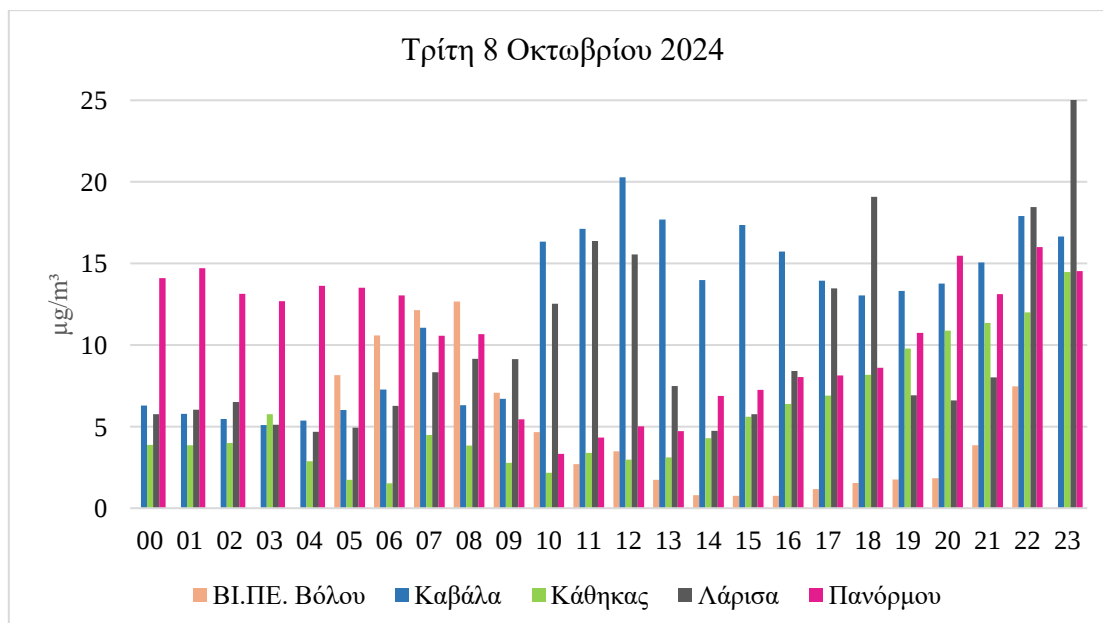
Η Λάρισα είναι σχετικά σταθερή εκτός από κάποιες εξάρσεις τις ώρες αιχμής και κυκλοφορίας του κόσμου.

Η Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου είναι χαμηλά όλη την ημέρα, ενώ φαίνεται πως οδεύει σε αύξηση τα μεσάνυχτα.

Τέλος, ο Κάθηκας εναρμονίζεται με την πλειοψηφία των μετρητών και δεν παρουσιάζει κάποια ακραία απόκλιση.

Πίνακας 5.16 - 8 Οκτωβρίου 2024

Ημερομηνία	Τοποθεσία μετρητή	Ημερήσιος μέσος όρος PM_{2.5} (μg/m³)	Ημερήσιος μέσος όρος θερμοκρασίας (°C)	Ημερήσιος μέσος όρος υγρασίας (%)
8/10/2024	Καβάλα	11.97	20.60	51.35
8/10/2024	Πανόρμου	10.29	23.13	38.32
8/10/2024	Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου	4.58	21.03	42.88
8/10/2024	Λάρισα	9.80	22.40	36.43
8/10/2024	Κάθηκας	5.67	22.28	44.78
Τυπική απόκλιση			0.93	5.25



Διάγραμμα 5.25 - 8 Οκτωβρίου 2024

Την Τρίτη 8/10/2024, η Καβάλα παρόλο που ξεκινά το 24ωρο σταθερή στις συγκεντρώσεις της, εμφανίζει μια αναμενόμενη αύξηση στις 07:00, που είναι ώρα μετακίνησης των κατοίκων προς τους τόπους εργασίας τους, και μια ξαφνική άνοδο στις 10:00 η οποία παραμένει σχετικά υψηλά καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας.

Η Πανόρμου παραμένει σταθερή στην κατάσταση που έχει υψηλές συγκεντρώσεις τις πρώτες πρωινές και τις βραδινές ώρες.

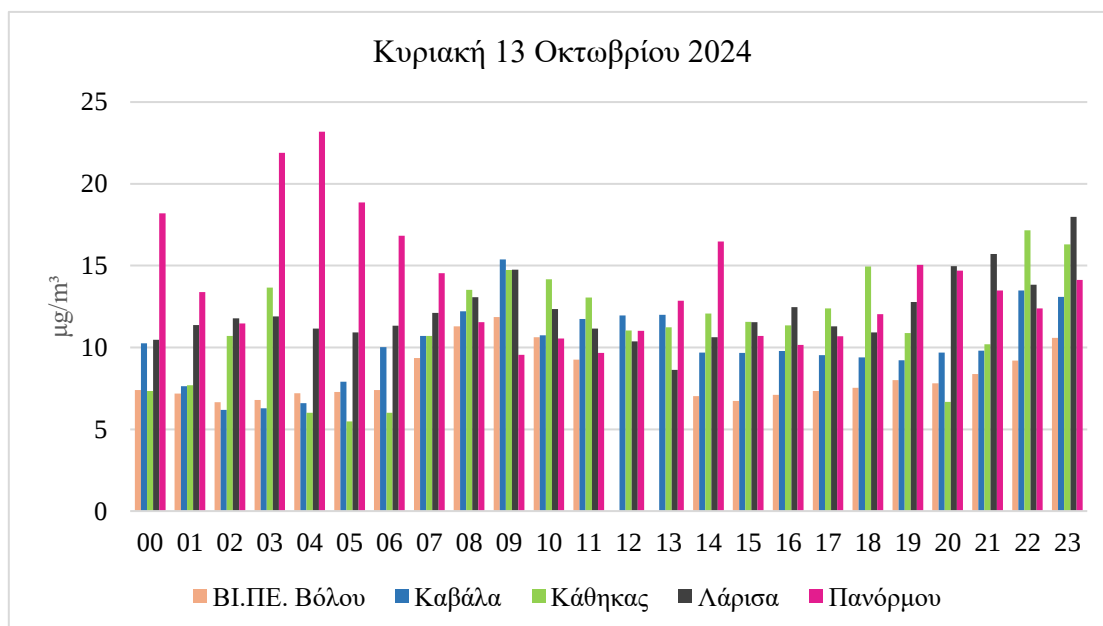
Η Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου, για την οποία δεν υπάρχουν δεδομένα μετρήσεων για όλο το 24ωρο, παρουσιάζει υψηλές συγκεντρώσεις σχετικά, τις πρώτες πρωινές ώρες, ενώ φαίνεται να παίρνει ανοδική τάση τη νύχτα.

Η Λάρισα, εμφανίζει υψηλές τιμές τα διαστήματα 10:00-12:00, 17:00-18:00 και 22:00-23:00. Διαστήματα που υπάρχει κίνηση οχημάτων και λειτουργία καταστημάτων εστίασης.

Τέλος, ο Κάθηκας παραμένει σε χαμηλές τιμές όλη την ημέρα και από το μεσημέρι κι έπειτα έχει μια γραμμικά ανοδική πορεία με υψηλότερο ημερήσιο μέσο όρο στις 23:00.

Πίνακας 5.17 - 13 Οκτωβρίου 2024

Ημερομηνία	Τοποθεσία μετρητή	Ημερήσιος μέσος όρος PM _{2.5} (μg/m ³)	Ημερήσιος μέσος όρος θερμοκρασίας (°C)	Ημερήσιος μέσος όρος υγρασίας (%)
13/10/2024	Καβάλα	10.13	20.06	49.15
13/10/2024	Πανόρμου	13.90	22.78	47.55
13/10/2024	Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου	8.29	20.33	45.28
13/10/2024	Λάρισα	12.23	23.24	36.39
13/10/2024	Κάθηκας	11.19	21.27	54.73
Τυπική απόκλιση			1.27	5.99



Διάγραμμα 5.26 - 13 Οκτωβρίου 2024

Την Κυριακή 13/10/2024, η Καβάλα παρουσιάζει μια άνοδο κατά τις πρωινές ώρες, που ενδεχομένως να οφείλεται στην κίνηση των κατοίκων της περιοχής.

Η Πανόρμου τις υψηλότερες τιμές της ημέρας, εμφανίζει το διάστημα 03:00-06:00, στις 14:00 και σημειώνει ξανά μια άνοδο το βράδυ. Πιθανές αιτίες να είναι η κίνηση του οδικού άξονα γύρω από το μετρητή, οι φούρνοι και οι ψησταριές.

Η Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου, για την οποία υπάρχουν στοιχεία για όλη την ημέρα, κρατιέται σχετικά σταθερή ενώ αύξηση παρουσιάζει το διάστημα 07:00-10:00, λόγω βιομηχανικής δραστηριότητας και κίνησης στη γύρω περιοχή, και ξανά στις 23:00, πιθανόν μόνο λόγω βιομηχανικής δραστηριότητας.

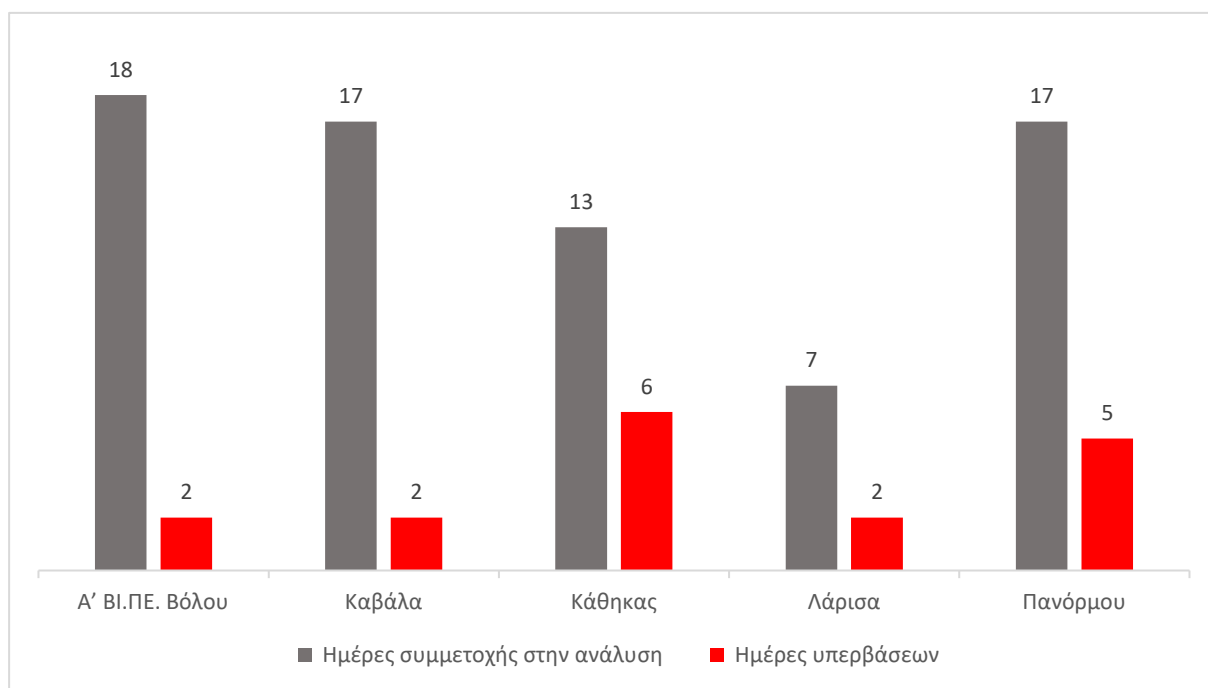
Η Λάρισα, τις υψηλότερες τιμές της παρουσιάζει το διάστημα 07:00-10:00, επίσης. Άνοδο εμφανίζει ξανά από το απόγευμα ως το βράδυ. Συγκριτικά με τους υπόλοιπους μετρητές, παραμένει σταθερή σε υψηλές μετρήσεις όλο το 24ωρο.

Τέλος, ο Κάθηκας εξαιρώντας μια ύφεση στις μετρήσεις τα διαστήματα 00:00-01:00, 04:00-06:00 και 20:00-21:00, όλη την υπόλοιπη ημέρα παραμένει στις υψηλότερες τιμές, συγκριτικά.

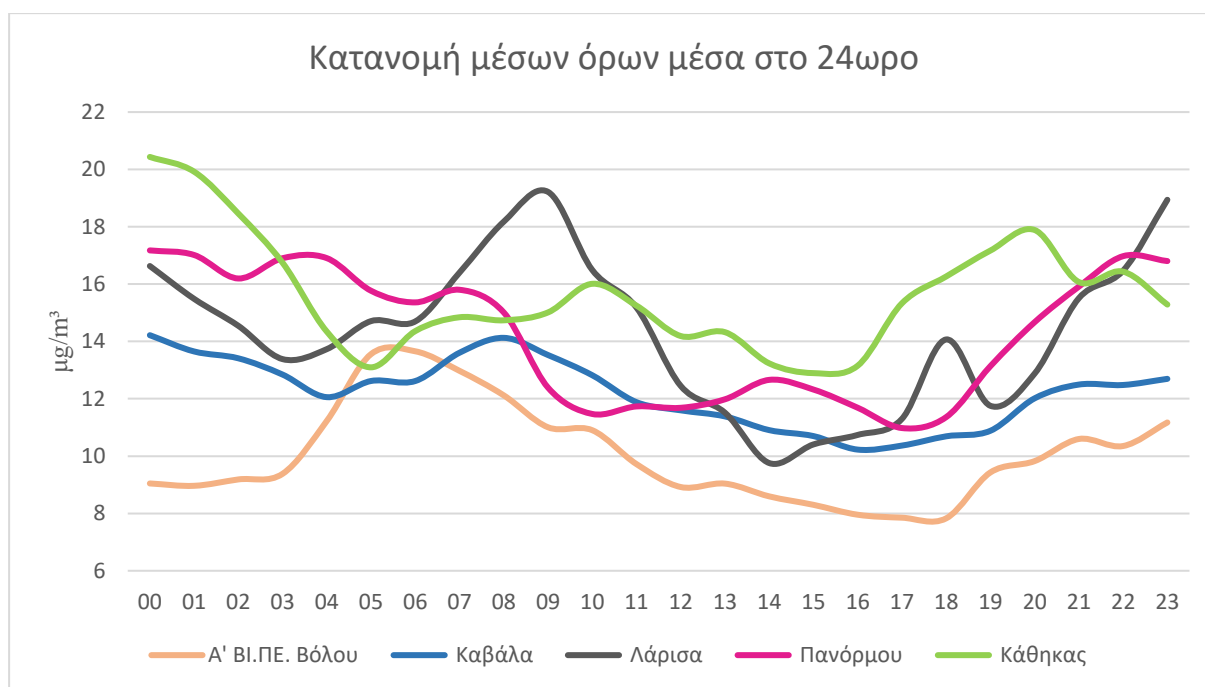
5.3 Σχολιασμός ευρημάτων

Πίνακας 5.18 – Υπερβάσεις μετρητών κατά τη διάρκεια της ανάλυσης

Περιοχή μετρητή	Ημέρες συμμετοχής στην ανάλυση	Ημέρες υπερβάσεων	Ποσοστό υπερβάσεων επί των ημερών συμμετοχής
Καβάλα	17	2	11.76 %
Πανόρμου	17	5	29.41 %
Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου	18	2	11.11 %
Λάρισα	7	2	28.57 %
Κάθηκας	13	6	46.15 %



Διάγραμμα 5.27 - Υπερβάσεις μετρητών κατά τη διάρκεια της ανάλυσης



Διάγραμμα 5.28 - Κατανομή μέσων όρων μέσα στο 24ωρο

Γενικότερα, για την Καβάλα παρατηρείται μια άνοδος στις συγκεντρώσεις της, ως επί το πλείστον, το διάστημα 07:00-08:00 που αποτελεί ώρα αιχμής για την περιοχή, καθώς οι περισσότεροι μετακινούνται προς τους τόπους εργασίας τους, τα σχολεία και τις δραστηριότητές τους κάνοντας χρήση αυτοκινήτων. Η περιοχή του μετρητή περιτριγυρίζεται από ιδιωτικούς χώρους στάθμευσης οχημάτων και δρόμους. Επίσης, κάποιες από τις ημέρες της συγκριτικής ανάλυσης, φαίνεται να υπάρχει αυξημένη παρουσία σωματιδίων τις πρώτες πρωινές ώρες και βραδινές ώρες, με πιθανή αιτία αυτής της παρουσίας να είναι η βιομηχανική δραστηριότητα της ευρύτερης περιοχής. Αξίζει να αναφερθεί πως, σε απόσταση 8.6 χλμ. από τον μετρητή βρίσκεται το εμπορικό λιμάνι και η Βιομηχανία Φωσφορικών Λιπασμάτων της Ν. Καρβάλης Καβάλας. Ακόμη, σε απόσταση 13.9 χλμ. βρίσκεται εταιρεία παραγωγής και εκμετάλλευσης υδρογονανθράκων, επίσης στα ανατολικά της πόλης στην περιοχή της Ν. Καρβάλης. Καθώς φαίνεται, η λειτουργία των παραπάνω σε συνδυασμό με ευνοϊκούς για τη μεταφορά σωματιδίων ανέμους συμβάλλει τα μέγιστα στην καταγραφή αυξημένων συγκεντρώσεων.

Για την Πανόρμου, τα συμπεράσματα είναι τα πιο ξεκάθαρα από όλες τις συγκρινόμενες περιοχές, καθώς κατά την συντριπτική πλειοψηφία των ημερών ανάλυσης, ο μετρητής παρουσιάζει αρκετά αυξημένες τιμές συγκεντρώσεων το διάστημα 03:00-05:00, που είναι ώρες

λειτουργίας φούρνων. Έπειτα το διάστημα 08:00-09:00, που αποτελεί ώρα αιχμής και, εφόσον ο μετρητής βρίσκεται σε περιοχή με συχνό μποτιλιάρισμα δεν μένει ανεπηρέαστος από την έντονη κυκλοφορία οχημάτων. Τέλος, το διάστημα 21:00-01:00, καθώς η περιοχή έχει αρκετά καταστήματα εστίασης, διασκέδασης και ψησταριές. Αποτελεί, επίσης, τόπο εξόδου για πολλούς, με αποτέλεσμα να δημιουργείται αρκετή κυκλοφορία γύρω. Συμπληρωματικά, η βιομηχανική δραστηριότητα της Δυτικής Αττικής, θα μπορούσε να συμβάλλει στις αυξημένες μετρήσεις, ως ένα ποσοστό.

Για την Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου τα δεδομένα ήταν περιορισμένα, και κυρίως παρόντα το διάστημα 05:00-22:00. Τα συμπεράσματα που εξάγονται από την ανάλυση, είναι πως τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις εμφανίζει η περιοχή κατά το διάστημα 05:00-08:00, που είναι ώρα που οι περισσότεροι εργαζόμενοι και τροχοφόρα προσέρχονται στη Βιομηχανική Περιοχή. Επίσης, τις βραδινές ώρες, παρατηρείται αυξημένη τάση στις συγκεντρώσεις. Κοινός παρονομαστής σε όλες τις ώρες είναι η βιομηχανική δραστηριότητα της περιοχής, που σε πολλά εργοστάσια δεν σταματάει τη νύχτα, παράγοντας ρύπους. Επίσης, γεγονός αποτελεί πως στο εργοστάσιο της Χαλυβουργίας τα πρωινά γίνεται συντήρηση μηχανημάτων και αλλαγή παραγωγής, που σημαίνει πως εκείνες τις ώρες οι εκπομπές είναι ανύπαρκτες. Αξίζει να αναφερθεί πως, η περιοχή επηρεάζεται επίσης, με την συμβολή ευνοϊκών ανέμων, από την Χαλυβουργία της Β' ΒΙ.ΠΕ Βόλου, όπως και την τσιμεντοβιομηχανία που βρίσκεται στην Αγριά Βόλου. Τέλος, καθώς η βιομηχανική περιοχή βρίσκεται κοντά σε χωράφια, οι γεωργικές εργασίες της περιοχής θα μπορούσαν να επηρεάσουν τις μετρήσεις.

Η Λάρισα συμμετείχε στην συγκριτική ανάλυση τις λιγότερες ημέρες. Παρόλα αυτά, κατά την ανάλυση της ωριαίας κατανομής των συγκεντρώσεων φαίνεται να εμφανίζει τις υψηλότερες συγκεντρώσεις κατά τις ώρες λειτουργίας των εμπορικών καταστημάτων και αυτών της εστίασης και διασκέδασης, καθώς και τις ώρες αιχμής, με κυκλοφορία οχημάτων στους δρόμους. Ο μετρητής τοποθετείται χωρικά στο κέντρο της πόλης, που αποτελεί μια περιοχή με έντονη κυκλοφορία καθώς πρόκειται για την πρωτεύουσα της Θεσσαλίας, με πληθώρα καταστημάτων, υπηρεσιών και διερχόμενων οδών. Δεν αποκλείεται οι μετρήσεις να επηρεάζονται από τη βιομηχανική δραστηριότητα της ευρύτερης περιοχής της Λάρισας.

Ο Κάθηκας, αποτέλεσε την περιοχή στην οποία δεν παρατηρήθηκε κάποιο συγκεκριμένο μοτίβο στην κατανομή των συγκεντρώσεων. Παρόλα αυτά, κατά τις ημέρες σύγκρισης, ήταν η περιοχή με τις περισσότερες υπερβάσεις και υψηλότερες συγκεντρώσεις, γενικότερα. Καθώς ο Κάθηκας είναι ένα χωριό της Πάφου, στην Κύπρο, πιθανολογείται πως αυτές οι τόσο υψηλές συγκεντρώσεις σωματιδίων προέρχονται κυρίως από ψησταριές, φούρνους, καταστήματα εστίασης και γεωργικές δραστηριότητες. Αξίζει να αναφερθεί πως, ο Κάθηκας τοποθετείται στο χάρτη 12 χλμ. νοτιοανατολικά από τη Βιομηχανική Περιοχή Μεσόγης και 19 χλμ. νοτιοανατολικά από τη Βιομηχανική Ζώνη Ανατολικού. Συνεπώς, μπορεί να υποτεθεί πως ιδανικοί άνεμοι θα μπορούσαν να συμβάλλουν στην μεταφορά σωματιδίων από τις παραπάνω περιοχές στον Κάθηκα.

Σε όλα τα παραπάνω έρχονται να προστεθούν, ως αιτίες αυξημένων συγκεντρώσεων αιωρούμενων σωματιδίων, φαινόμενα όπως η μεταφορά αφρικανικής σκόνης, οι δασικές πυρκαγιές τους καλοκαιρινούς μήνες όπως και ο αυξημένος τουρισμός, που οδηγεί σε έντονη δραστηριότητα σε περιοχές όπως ο Κάθηκας. Επιπροσθέτως, οι ατμοσφαιρικοί ρύποι δεν συγκεντρώνονται μόνο στην περιοχή που εκπέμπονται άμεσα, αλλά μεταφέρονται, μέσω διάφορων καιρικών φαινομένων, και ανιχνεύονται σε περιοχές δεκάδων ή και εκατοντάδων χιλιομέτρων μακρύτερα. Τέλος, καθώς τα διαστήματα σύγκρισης είναι σε καλοκαιρινούς και εν γένει θερμούς μήνες, ως πηγή εκπομπής σωματιδίων αποκλείεται να είναι οι καύσεις από τη χρήση εγκαταστάσεων θέρμανσης.

Πολύ σημαντική παρατήρηση, αποτελεί το γεγονός πως τις ώρες που υπήρχε παρουσία βροχόπτωσης οι συγκεντρώσεις σωματιδίων μειώνονταν αισθητά. Αντιθέτως, με το πέρας της βροχής, οι συγκεντρώσεις επέστρεφαν άμεσα σε ανοδική πορεία. Καθώς στον Κάθηκα δεν εμφανίστηκε βροχόπτωση καμία ημέρα του διαστήματος μελέτης, η παραπάνω παρατήρηση δεν σημειώθηκε. Στις περιοχές της Καβάλας, Πανόρμου, Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου και Λάρισας η παρουσία βροχόπτωσης ήταν καθοριστική στον καθαρισμό της ατμόσφαιρας τις ώρες που ενεργούσε.

Κεφάλαιο 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ένα πολύπλευρο ζήτημα, επί του οποίου χωρά εκτενής έρευνα και ανάλυση. Ο σύγχρονος τρόπος ζωής, που χαρακτηρίζεται από αστικοποίηση, εκβιομηχάνιση και υψηλές ανάγκες για ενέργεια και παραγωγή παγκοσμίως, ευθύνεται κατά κύριο λόγο για την υποβάθμιση της ποιότητας αέρα, συνεπώς την επιδείνωση του βιοτικού επιπέδου.

Οι συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων, και γενικότερα αέριων ρύπων, επηρεάζονται από μια πληθώρα παραγόντων. Κάποιοι από αυτούς είναι η γεωμορφολογία και οι κλιματολογικές συνθήκες της εξεταζόμενης περιοχής, η βιομηχανική δραστηριότητα, οι καθημερινές πρακτικές που ακολουθούν οι πολίτες, καθώς, και οι υποδομές της περιοχής.

6.1 Τρόποι αντιμετώπισης

Για την αντιμετώπιση αυτού του μείζονος σημασίας προβλήματος, έχει θεσπιστεί σχετική νομοθεσία από οργανισμούς, όπως ο ΠΟΥ, ευρωπαϊκές και κρατικές υπηρεσίες. Για την τήρηση της νομοθεσίας, όμως, χρειάζεται να συμβάλλει όλη η κοινωνία σε ατομικό, συλλογικό και εταιρικό επίπεδο.

Σε ατομικό επίπεδο, είναι σημαντικό να συνειδητοποιήσει ο άνθρωπος την άμεση εξάρτηση της υγείας του με το περιβάλλον που ζει. Αυτής της διαπίστωσης, έπεται ο περιορισμός του αποτυπώματος άνθρακα (carbon footprint), μέσω μιας σειράς καθημερινών ενεργειών όπως:

- χρήση μέσων μαζικής μεταφοράς, ποδηλάτων και βαδίσματος έναντι της χρήσης αυτοκινήτου για μεταφορές μέσα στην πόλη
- αναβάθμιση οχήματος, σε ένα φιλικότερο προς το περιβάλλον με σύγχρονες τεχνολογίες, και οικονομική οδήγηση
- βελτιστοποίηση της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας, αναβάθμιση κατοικιών και οικιακών συσκευών
- αποφυγή υπερκατανάλωσης, διαδικτυακών αγορών και προϊόντων ταχείας μόδας (fast-fashion)
- αποφυγή προϊόντων μιας χρήσης, ελαχιστοποίηση σπατάλης τροφίμων (food waste), ανακύκλωση

Σε συλλογικό επίπεδο, είναι σημαντικό να δοθεί έμφαση στη δύναμη της κοινωνίας και του συνόλου να συμμετέχει και να ασκεί έλεγχο σε θέματα που την αφορούν, δίχως να εφησυχάζει. Ως αποτέλεσμα, ορισμένες ενέργειες που επικυρώνουν τα παραπάνω είναι:

- συστηματική παρακολούθηση της αέριας ρύπανσης, με χρήση ολοκληρωμένου δικτύου παρακολούθησης, ανάλυση και ενημέρωση του κοινού
- σύσταση ανεξάρτητων επιτροπών για περιβαλλοντικά ζητήματα, δημόσιος διάλογος μεταξύ πολιτών και θεσμικών οργάνων διοίκησης, δράσεις περιβαλλοντικής εκπαίδευσης
- βέλτιστη χωροθέτηση των βιομηχανικών περιοχών, μακριά από οικιστικές ζώνες
- αναβάθμιση υποδομών και μεταφορών (ποδηλατοδρόμοι, πεζοδρόμια, κυκλικοί κόμβοι, σύγχρονα και συνεπή ΜΜΜ κ.α.) ώστε να ενθαρρύνονται οι οικολογικές μεταφορές και να αποφεύγεται το μποτιλιάρισμα
- έλεγχος στις καύσεις αποβλήτων και πλαστικών, είτε από ιδιώτες είτε από επιχειρήσεις, εφαρμογή ποινών
- εφαρμογή αντιπυρικών σχεδίων, επαρκής στελέχωση των πυροσβεστικών σωμάτων
- δημιουργία αστικού πράσινου, ενεργειακή αναβάθμιση δημόσιων κτιρίων, εγκατάλειψη της κουλτούρας του τσιμέντου

Τέλος, σε επίπεδο εταιρικής ευθύνης είναι αντιληπτό πως οι βιομηχανίες είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με το σύνολο στο οποίο δραστηριοποιούνται και οφείλουν να το σέβονται, δίχως να κερδοσκοπούν εις βάρος του. Έτσι, μερικές απαραίτητες ενέργειες είναι:

- συμμόρφωση με την ισχύουσα νομοθεσία, διαφάνεια και ηθική
- σύγχρονες τεχνικές αντιρρύπανσης (κυκλώνες, υγρές πλυντρίδες, σακόφιλτρα, ηλεκτροστατικοί κατακρημνιστές) και εξοικονόμησης ενέργειας (Α.Π.Ε.)
- έλεγχος και μέτρηση των εκπομπών της πηγής
- θέσπιση ενδοεταιρικού προγράμματος που ασχολείται αποκλειστικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της παραγωγής, εκπαίδευση των εργαζομένων στη υγεία και ασφάλεια εντός παραγωγής

6.2 Περιθώρια για περαιτέρω έρευνα

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί μια προσπάθεια ανάλυσης των διαθέσιμων συγκεντρώσεων αιωρούμενων σωματιδίων σε 5 περιοχές, κατά το κοινό τους διάστημα μετρήσεων, και ερμηνεία των αποτελεσμάτων τους με βάση τις υφιστάμενες πηγές εκπομπής σωματιδίων. Παρακάτω, παρατίθενται μερικές σκέψεις και προτάσεις για συνέχιση της έρευνας με σκοπό την ριζική αντιμετώπιση του προβλήματος.

- δημιουργία δικτύου παρακολούθησης σε όλη την Ελλάδα
- βελτιστοποίηση των συσκευών μέτρησης, ώστε να καταγράφουν σταθερά καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας
- βελτιστοποίηση της χωροθέτησης των μετρητών, για λήψη μέγιστης δυνατής πληροφορίας
- χρήση συνδυαστικών συσκευών, ώστε να μετρούνται περισσότεροι ρύποι
- τακτική και επίσημη ενημέρωση των πολιτών, συστάσεις προς αυτούς
- δημιουργία μοντέλων πρόβλεψης επεισοδίου ατμοσφαιρικής ρύπανσης και πρόληψη αυτού
- συνεργασία με άλλες ειδικότητες επιστημόνων (μετεωρολόγοι, ιατροί κ.α.) ώστε να παραχθεί έρευνα και να εξαχθούν πολυδιάστατα συμπεράσματα

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] ΤΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ. (2006). ΟΔΗΓΙΑ 96/61/ΕΚ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 24ης Σεπτεμβρίου 1996 σχετικά με την ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο της ρύπανσης. <https://eur-lex.europa.eu/>.
- [2] Βαλαβανίδης, Α., Ευσταθίου, Κ. (2014). *Η χημική ένωση του μήνα: Διοξείδιο του άνθρακα*. (2014, Μάιος). Εθνικόν Και Καποδιστριακόν Πανεπιστήμιον Αθηνών.
- [3] Μέλας, Δ., Αλεξανδροπούλου, Α., Αμοιρίδης, Β., Κακαρίδου, Μ., & Σουλακέλλης, Ν. (2000). *ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ*.
- [4] Ρεμουντάκη, Ε. (2010). *Αέρας και Ατμοσφαιρική Ρύπανση*. WWF Ελλάς.
- [5] European Lung Foundation, Health & Environment ALliance, & Επιτροπή Υγείας & Περιβάλλοντος της Ευρωπαϊκής Πνευμονολογικής Εταιρείας (www.ersnet.org). *Ατμοσφαιρική ρύπανση και πνεύμονες*. https://environment.ec.europa.eu/topics/air_en
- [6] *Smog*. National Geographic.
- [7] Valavanidis, A., Vlachogianni, T., Loridas, S., & Fiotakis, C. (2015). Atmospheric Pollution in Urban Areas of Greece and Economic Crisis. Trends in Air Quality and Atmospheric Pollution Data, Research and Adverse Health Effects. *ResearchGate*.
- [8] The Editors of Encyclopedia Britannica. (2025, January 10). *Sulfur dioxide | Definition, Chemistry, Sources, Air Pollution, & Uses*. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/sulfur-dioxide>
- [9] World Health Organization. (2021). *WHO Global Air Quality Guidelines: Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*.
- [10] European Environment Agency. (2024, December 10). *Harm to human health from air pollution in Europe: burden of disease status, 2024*.
- [11] NASA Science, *Getting to the Heart of the (Particulate) Matter*.
- [12] Βλυσίδης, Α. (2015). *Από τις παραδόσεις του μαθήματος 8^{ου} εξαμήνου Σχολής Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ «Βιομηχανική Ρύπανση»*.
- [13] Βαβίτσας, Ι. (2016). *Μελέτη της κατανομής μεγέθους των αιωρούμενων σωματιδίων της ατμόσφαιρας με σκοπό το προσδιορισμό της έκθεσης του ανθρώπου δια της αναπνευστικής οδού*. ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ, Α΄ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΑΘΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΤΟΜΙΚΗΣ.

- [14] Cooper, C. D., Alley, F. C., (2019). *ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΕΡΙΑΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ*. Εκδόσεις Τζιόλα.
- [15] Βογιατζής Κ. & Ζαφειροπούλου Β.. Ατμοσφαιρική Ρύπανση από τη λειτουργία Έργων Υποδομής Πολιτικού Μηχανικού. *Από τις παραδόσεις του μαθήματος 4^{ου} εξαμήνου Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών ΠΘ «Περιβαλλοντική Τεχνική»*.
- [16] ΟΔΗΓΙΑ 2024/2881 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 23^{ης} Οκτωβρίου 2024 για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη (αναδιατύπωση). (2024, 20 Νοεμβρίου). *Επίσημη Εφημερίδα Της Ευρωπαϊκής Ένωσης*.
- [17] Νομοθεσία - Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. <https://ypen.gov.gr/perivallon/poiotita-tis-atmosfairas/nomothesia/>. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας.
- [18] ΕΤΗΣΙΑ ΕΚΘΕΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ 2018. (2019). www.ypeka.gr. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας.
- [19] World Health Organization: WHO. (2021, September 22). *What are the WHO Air quality guidelines?*
- [20] *Final reconsideration of the National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter (PM) | US EPA*. (2024b, April 30). US EPA.
- [21] Panda, S., Mehlawat, S., Dhariwal, N., Kumar, A., & Sanger, A. (2024). Comprehensive review on gas sensors: Unveiling recent developments and addressing challenges. *Materials Science and Engineering B*, 308, 117616. <https://doi.org/10.1016/j.mseb.2024.117616>
- [22] Lakkis, S., Younes, R., Alayli, Y., & Sawan, M. (2014). Review of recent trends in gas sensing technologies and their miniaturization potential. *Sensor Review*, 34(1), 24–35. <https://doi.org/10.1108/sr-11-2012-724>
- [23] *Δήμος Καβάλας*. Βικιπαίδεια.
- [24] *Ο καιρός στη Καβάλα*. Meteofarm.gr.
- [25] *Καβάλα*. Βικιπαίδεια.
- [26] Theophanides, M., Anastassopoulou, J., Vasilakos, C., Maggos, T., & Theophanides, T. (2007). Mortality and pollution in several Greek cities. *Journal of Environmental Science and Health Part A*, 42(6), 741–746. <https://doi.org/10.1080/10934520701304401>

[27] (2021, 25 Μαρτίου). *Η ρύπανση στην Καβάλα αυξάνει τη θνησιμότητα*. Αέναη Κίνηση-Moto Perpetuo.

[28] *Αθήνα*. Βικιπαίδεια.

[29] *Αμπελόκηποι (συνοικία της Αθήνας)*. Βικιπαίδεια.